

# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

evolucionismo

Volumen 3 | Número 5 | enero-abril 2015

\$100.00



# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

evolucionismo

## DIRECTORIO

**INTERdisciplina** | Revista del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades-Universidad Nacional Autónoma de México

**Juan Carlos Villa Soto / Rogelio López Torres**

Editores

**Julio Muñoz Rubio / Diego Méndez Granados**

Editores invitados

**Hugo Brown / Isauro Uribe Pineda**

Cuidado de la edición

**Arturo Villegas Rodríguez**

Formación y administración de Open Journal Systems

### CONSEJO EDITORIAL

**Germinal Cocho Gil / Universidad Nacional Autónoma de México, México**

**Pedro Luis Sotolongo Codina / Academia de Ciencias de Cuba**

**Roger Strand / Universitetet i Bergen, Noruega**

**Nancy Scheper-Hughes / University of California Berkeley, EUA**

**Julie Thompson Klein / Wayne State University, EUA**

---

### Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades

**Norma Blazquez Graf**

Directora

**Elke Koppen Prubmann**

Secretaria Académica

**Rogelio López Torres**

Secretario Técnico

**Arturo Reyes Castillo**

Secretario Administrativo

**Isauro Uribe Pineda**

Jefe del Departamento de Publicaciones

### Universidad Nacional Autónoma de México

**José Narro Robles**

Rector

**Eduardo Bárvana García**

Secretario General

**Leopoldo Silva Gutiérrez**

Secretario Administrativo

**César Iván Astudillo Reyes**

Abogado General

**Estela Morales Campos**

Coordinadora de Humanidades

**INTERdisciplina**

*INTERdisciplina*, Vol. 3, n° 5, enero-abril 2015, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, 04510, D. F. a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Torre II de Humanidades 4º piso, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, 04510, D. F., rev.interd@unam.mx, editores responsables: Rogelio López Torres y Juan Carlos Villa Soto. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo N° 04-2013-012910094600-102, Certificado de Licitación de Título y Contenido: en trámite, ISSN en trámite. Impresa por Creativa Impresores, S.A. de C.V., calle 12 número 101, Colonia José López Portillo, Del. Iztapalapa, C.P. 09920, México, D.F. Este número se terminó de imprimir en offset en diciembre de 2014 con un tiraje de 500 ejemplares en papel Bond de 90 g. para los interiores y de 300 g. para los forros. Prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin la previa autorización de los editores.

## Contenido / Contents

- Presentación ..... 5  
*Presentation* ..... 7

### Editorial / Editorial

- La teoría de la evolución como revolución conceptual del mundo ..... 9  
*Evolution Theory as a Conceptual Revolution in Our View of the World* .. 35  
Julio Muñoz Rubio y Diego Méndez Granados

### Dossier / Dossier

- Esquemas de causación lineales en biología postgenómica: la subliminal y conveniente suposición del mapeo uno a uno entre genotipo y fenotipo ..... 61  
*Linear Causation Schemes in Post-genomic Biology: The Subliminal and Convenient One-to-one Genotype-Phenotype Mapping Assumption*..... 267  
José Dávila-Velderrain y Elena Álvarez-Buylla Roces
- Dos legados de Lamarck: una perspectiva del siglo XXI sobre el uso/desuso y la herencia de caracteres adquiridos ..... 77  
*Lamarck's Two Legacies: A 21st-Century Perspective on Use/Disuse and the Inheritance of Acquired Characters* ..... 281  
Ehud Lamm y Eva Jablonka
- De la evolución al valor de uso, ida y vuelta: exploraciones en la domesticación y diversificación de plantas ..... 99  
*From Evolution to Use Value, both Ways: Explorations in the Domestication and Diversification of Plants*  
Lev Jardón Barbolla
- La construcción de nichos y el estudio de los cambios de cultura en antropología: desafíos y perspectivas ..... 131  
*Niche Construction and the Study of Culture Change in Anthropology: Challenges and Prospects* ..... 303  
Emily A. Schultz

- Emociones políticas y constructivismo social evolutivo. El asco como sustento de la homofobia ..... 161  
*Political Emotions and Evolutionary and Social Constructivism.*  
*Disgust as Sustenance of Homophobia*  
Fabrizio Guerrero McManus
- Lecturas recomendadas / *Suggested Reading* ..... 187

### Voces cardinales

- Sobre la crisis del concepto de gen y los niveles de organización de la materia ..... 197  
*On the Crisis of the Concept of Gene, and Levels of Organization of Matter* ..... 329  
Steven Rose
- Acercamiento a la ciencia desde la asimetría, la irregularidad y la subversión. ..... 205  
*Approaching Science From Asymmetry, Irregularity and Subversion* ..... 337  
Richard Levins

### Reseñas / *Book reviews*

- The Evolved Apprentice. How Evolution Made Humans Unique ..... 215  
Ivonne Kuri

### Resonancias

- *Espacio Interdisciplinario:* convergencia entre integralidad e interdisciplina ..... 223  
*Interdisciplinary Space: Convergence of Integrality and Interdiscipline*  
Claudio Martínez, Bianca Vienni, Paula Cruz y Lorena Repetto
- El ensayo, espacio idóneo para la expresión interdisciplinaria. Dos ejemplos de la ensayística mexicana: Octavio Paz y Alfonso Reyes. .... 241  
*The Essay, Suitable for Interdisciplinary Expression. Two Examples of Mexican Essayists: Octavio Paz and Alfonso Reyes*  
María de Lourdes Pastor Pérez

Colaboran en este número / *Contributors* ..... 258

# Presentación

LA EXISTENCIA de cuerpos altamente organizados y su gran diversidad son las manifestaciones más impresionantes de la evolución de la vida en nuestro planeta. Esta emergencia continua de novedad obedece a una interrelación dinámica entre procesos que corresponden a diferentes niveles de organización del mundo físico y social en diversas escalas.

**INTERdisciplina** presenta algunos de los avances más notables en la comprensión del fenómeno evolutivo, que no sólo se producen por el estudio de la interacción de procesos heterogéneos de carácter físico, biológico y social, sino por su creciente complejización; es decir, del análisis de nuevas interrelaciones organismo-ambiente —en las que intervienen individualidades que en diversos niveles también son entornos. Estas investigaciones conducen al descubrimiento de nuevos mecanismos de transformación de los seres vivos.

Entre estos hallazgos destacan los que actualizan las contribuciones de Lamarck a la teoría evolutiva al mostrar, con base en el conocimiento actual de la plasticidad biológica y la continuidad fenotípica, que las capacidades y rasgos adquiridos durante el desarrollo pueden ser heredables y que la herencia de rasgos adquiridos puede impulsar el cambio evolutivo.

El conocimiento de que en los rasgos heredados existen contribuciones epigenéticas, además de las genéticas, no conduce únicamente a dejar de pensar que la herencia biológica se identifica de manera exclusiva con la replicación de la molécula de ácido desoxirribonucleico, pues los cambios conceptuales que se registran a partir de estas nuevas tesis van configurando un nuevo paradigma de las ciencias de la vida, ante el cual resulta limitado el propio principio de recursividad, que invalida explicaciones causales lineales, pues en éste se conciben interrelaciones que no sólo son cíclicas en las que un sistema produce aquello que a su vez lo produce. En todo caso, los avances de la biología postgenómica muestran que la comprensión del comportamiento y evolución de los sistemas vivos es más consistente con el concepto de redes complejas no lineales. No basta con estudiar las interrelaciones de los múltiples componentes genéticos y no genéticos para explicar tanto la variabilidad y el cambio de éstos como su estabilidad: es crucial analizar también el papel regulatorio que tienen estas interrelaciones en dichos componentes en contextos específicos con señales ambientales impredecibles.

Como se puede apreciar, la aspiración de alcanzar un conocimiento integral de las ciencias de la vida enfrenta importantes obstáculos epistemológicos,

pero sobre todo ideológicos asociados a la visión determinista y lineal de la ciencia reduccionista. Esta visión reduccionista del fenómeno biológico limita también el conocimiento del proceso evolutivo. Su mejor comprensión requiere no sólo del estudio de la dinámica celular en su complejidad, pues también es necesario analizar las múltiples interdependencias bioquímicas y fisiológicas en relación con los procesos de la dinámica social. En este número se muestra también cómo es que el devenir de las especies biológicas está condicionado por su valor económico y su significado cultural, pues su diversidad y su extinción dependen también de la capacidad selectiva que ejercen estos factores, con lo cual la evolución biológica queda imbricada, de este modo, con el proceso histórico social.

Las contribuciones del presente volumen al estudio integral del evolucionismo remiten a la idea de un conocimiento en construcción, pero, sobre todo en una paráfrasis de esta expresión acuñada por Rolando García en el título de una de sus principales obras al desafío que significa conocer un mundo en construcción. La respuesta a este reto es, a su vez, un aporte continuo de novedad, en un proceso que acaso confirma la aseveración de Prigogine de que la creatividad humana es el ejemplo más brillante de una propiedad universal.

INTERdisciplina también expresa este afán renovador con la creación de la sección *Resonancias*, en la que se publicarán artículos que amplíen y actualicen los conocimientos que se han difundido en los *dossiers* de esta revista. **Id**

# Presentation

THE EXISTENCE of highly organized bodies and their immense diversity constitutes the most impressive proof of the evolution of life on our planet. This continuous emergence of innovation is the result of dynamic interrelations between processes belonging to different levels of organization of the physical and social worlds on diverse levels.

In this issue, **INTERdisciplina** presents some of the more remarkable advances in the understanding of evolutionary phenomena, that are generated not only by the study of the interactions between heterogeneous physical, biological and social processes, but also by the increasingly complex nature of these studies; that is, the analyses of new interrelations between organisms and the environment, with the intervention of individualities which, at certain levels, are also environments. This research is leading to the discovery of new mechanisms in the transformation of living beings.

Among these discoveries, those that are updating Lamarck's contributions to evolutionary theory seem to be particularly relevant as they show, in the light of existing knowledge concerning biological plasticity and phenotypical continuity, that capacities and features acquired during development can be inheritable and that inheritance of acquired traits can trigger evolutionary change.

The awareness that epigenetic contributions can exist within inherited traits, alongside genetic input, goes beyond the abandonment of the conviction that biological inheritance is identified exclusively by the replication of the DNA molecule, because conceptual changes generated by these new contentions are coalescing into a whole new paradigm of life sciences in the face of which even the recursion principle, that renders linear causation explanations invalid, appears limited, if we only conceive cyclical interrelations in which a system only produces that which produces it.

Advances in post-genomic biology show that the comprehension of the behavior and evolution of living systems is more consistent when based on the concept of non-linear complex networks, because study limited to the interrelations of many genetic and non-genetic components is insufficient to explain the variability and change, as well as the stability of these components. Analyses of the regulatory role of these interrelations on these components in specific contexts and with unpredictable signals from the environment are crucial.

It is clear that the endeavor to reach an integral knowledge of the sciences of life faces important epistemological hurdles, but perhaps more importantly,

ideological obstacles emerging from the deterministic and linear vision of reductionist science. This reductionist view of biological phenomena also limits understanding of the evolutionary process. Its better comprehension not only requires the study of cellular dynamics in all its complexity, but it is also necessary to analyze the multiple biochemical and physiological interdependences linked to social dynamics. In this issue we show, too, how the development of biological species is conditioned by their economic value and their cultural significance, because their diversity and extinction depend also on the selective capacity exerted by these factors, with which biological evolution is revealed as interwoven with the historical social process.

The contributions of this volume towards the integral study of evolution are reminiscent of the notion of knowledge under construction, but also—borrowing an expression coined by Rolando García in the title of one of his principal works—of the challenge posed by understanding a world under construction. The response to this challenge is, at the same time, a continuous contribution of new knowledge, in a process that could confirm Prigogine's assertion that human creativity is the most shining example of a universal attribute.

INTERdisciplina also expresses this renovating endeavor with the creation of a new section: *Resonancias*, in which we present papers that broaden and update the contents of those already published in our *Dossier* section. **Id**

Julio Muñoz Rubio\* y Diego Méndez Granados\*\*

## La teoría de la evolución como revolución conceptual del mundo

SE ESTÁ ASISTIENDO a un periodo en el estudio de la evolución que está tendiendo a romper con la hegemonía neo-darwinista que durante muchas décadas, desde los años cuarenta del siglo pasado, dominó contundente y de manera casi unánime el campo de la evolución; se está asistiendo a un lento, pero constante crecimiento de evidencias y planteamientos teóricos que refutan ideas centrales del neo-darwinismo: que la selección natural es el único mecanismo de la evolución, que la adaptación es, universalmente, el proceso que permite el crecimiento de las poblaciones más favorecidas, que el proceso de variación y herencia siempre responde a los mecanismos de "herencia dura" y se encuentra siempre en las unidades conocidas como genes, dejando a un lado los procesos de "herencia suave". Toda una gama de más o menos novedosas explicaciones y modelos sobre la evolución está teniendo lugar desde hace un par de décadas, y se está mostrando en todo su esplendor. Una de las características de este proceso innovador, irónicamente, es que ha habido un ascenso de las explicaciones lamarckistas, que se tenían por falsas y habían caído en el olvido para casi toda la comunidad de evolucionistas. Su ascenso es tan impactante que creemos que es posible hablar, por primera vez desde el triunfo de la teoría sintética, no de la teoría de la evolución (identificándola con la darwinista y la sintética) sino de las teorías de la evolución. Un conjunto de planteamientos teóricos que conforman, más o menos a la manera del modelo de Imre Lakatos (1971), un programa de investigación científica.

Esto desde luego no puede expresar una crisis en el pensamiento evolucionista; lejos de ser la manifestación de una incertidumbre acerca de nuestra comprensión del proceso evolutivo, habla de una pujanza y auge de las investigaciones sobre el particular; modifica muchas de las nociones ortodoxas en ciencia que frecuentemente defienden el punto de vista de que para explicar un proceso o fenómeno de la naturaleza (o la sociedad) se debe encontrar una y sólo una teoría, una y sólo una causa, uno y un solo mecanismo. Esta noción, que durante

\* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México. **Correo electrónico:** juliomunozr2000@yahoo.es

\*\* Departamento de Ciencias de la Comunicación de la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño en la UAM-Cuajimalpa. **Correo electrónico:** dmendez@correo.cua.uam.mx

mucho tiempo permeó a la explicación evolucionista, hoy está también en crisis y en su lugar se nos ofrece un panorama de pluralidad epistemológica que va de la mano con la complejidad del objeto-sujeto-sistema de estudio de la evolución.

Hemos hablado de la existencia de una pluralidad epistemológica que está dominando el programa evolucionista; con todo y la pujanza con la que vienen expresándose los planteamientos que se apartan al menos parcialmente del darwinismo; sin embargo, es imposible no tomarlo en cuenta como el referente histórico más importante en el evolucionismo.

Podemos decir que uno de los motores más potentes de la teoría darwinista de la evolución se encuentra en una tensión interna entre lo que podemos llamar los elementos revolucionarios de su teoría y los elementos conservadores, todos los cuales son la expresión de contradicciones existentes en la sociedad y el mundo intelectual y científico en el que Darwin vivió.

## Elementos revolucionarios

Al analizar la estructura del argumento evolucionista darwiniano nos encontramos con la existencia de puntos que son los que hacen a esta teoría una concepción altamente revolucionaria. Estos puntos se encuentran contenidos en las pruebas de la existencia de la evolución y no tanto en la teoría de la selección natural: unificación espacio-tiempo, concepción del mundo como transiciones, materialismo y movimiento (Muñoz Rubio 2014).

## Principio del ancestro común y problemas biogeográficos

Con este principio, Darwin (1964, 111-126; Ptacek y Hanksion 2009) modifica la visión de la ciencia del siglo XVIII, basada en una idea de progreso lineal, continuo e inevitable. Como para él las variaciones en la naturaleza son aleatorias y en todo momento en la historia hay *más de una posibilidad* para su variación y para la selección de las variedades; como lo que se observa es una divergencia en los caracteres a partir de un ancestro común, y como en un inicio ninguna variación tiene la garantía de éxito, entonces es comprensible la gran biodiversidad, y la complejidad del mundo vivo, resultado de la evolución como un proceso creativo e inventivo. Mediante el principio del ancestro común se explica la existencia de estructuras similares en organismos emparentados, pero a la vez distintos. Con ello se desmitifican los procesos de unidad y diferencia morfológica y los procesos biogeográficos al observarlos desde una totalidad espacio-tiempo e interpenetraciones parte-todo.

En el análisis biogeográfico se observan importantes reflexiones darwinianas revolucionarias, pues implican un análisis brillante de cómo se proyectan

en la dimensión espacial los eventos históricos, es decir, temporales. Antes de Darwin quizás ninguna explicación acerca de la distribución geográfica de las especies requería de una explicación sobre la intervención del tiempo; no se pensaba a los organismos como entes con historia; es decir, que expresasen la acumulación de largos lapsos. Con Darwin, la distribución geográfica de las especies se convierte en una superposición y una imbricación profunda de la escala temporal con la espacial; la primera queda desdoblada en escala geológica y escala individual-poblacional, y la segunda desplegada en sus dimensiones tanto del hábitat individual-poblacional como la del espacio geológico planetario. Todas estas dimensiones se interpenetran, y se explica cada una como elemento constitutivo de las demás. El área que las especies ocupan es su historia, el conjunto de sus precondiciones y la preparación de las condiciones futuras, vistas todas como posibilidades, no como predeterminaciones.

Darwin (1987 [1856-1858]) niega que los factores climáticos sean la causa principal de las variaciones (Darwin 1987 [1856-1858], 557-558; 1964, 346-347) y da respuesta satisfactoria a problemas como los siguientes: ¿por qué especies de regiones separadas tienen tanto parecido?; ¿cómo es que las barreras geográficas llevan a producir especies distintas? (Darwin 2008b, 140-142; 1964, 388-406); ¿cómo es que en lugares sin barreras geográficas las diferencias entre las especies son menores a las que hay en floras de distintos continentes? (Darwin 1964, 348); ¿por qué las floras de cumbres montañosas lejanas pueden llegar a parecerse tanto a pesar de su lejanía? (Darwin 2008b, 143-146). Prácticamente la totalidad de los problemas de distribución geográfica de las especies es abordada con esta óptica totalizadora.

### *Pruebas morfológicas y embriológicas de la evolución*

Toda búsqueda de explicaciones totalizadoras en las ciencias de la vida debe pasar por un ejercicio de integración entre la forma y la función, admitiendo tanto su interpenetración como su diferenciación simultánea. En *El Origen de las Especies* Darwin formula una serie de preguntas acerca de las razones de que haya tan numerosos huesos craneanos, de las similitudes óseas en la formación de órganos distintos de animales diferentes, de las “extrañas” relaciones entre el número de patas y la complejidad bucal de los crustáceos y de la similitud del patrón de pétalos, sépalos, estambres y pistilos aunque con fines muy distintos (Darwin 1964, 437).

A través de exposiciones como ésta, Darwin da cuenta de las transformaciones cuantitativas-cualitativas en partes con origen filo y ontogenético común. Un ala y una pata son muy similares en su estructura, pero muy diferentes en su función. Tal diferencia no se puede entender solamente como una diferencia de grado o de cantidad. Ambas estructuras sirven para el desplazamiento, pero

cualitativamente es distinto el volar que el andar. Nada sobre la morfología animal puede ser explicado si no es a la luz de una visión evolutiva. Es la transformación a lo largo del tiempo lo que satisface dudas acerca de las diferentes funciones.

Desde su Ensayo de 1844 Darwin (Darwin 2008 [1844]) puso el énfasis en la unidad de tipo, refiriéndose a los cordados, y a subrayar que solamente viendo esta unidad como devenir, como resultado de un proceso de evolución y como el proceso mismo, se puede entender su contraste con la diversidad de formas, misma que comienza en el estado embrionario mismo (Darwin 2008b, 181), algo que en el *Origen de las Especies* se reitera (Darwin 1964, 449), dando lugar al descubrimiento de que la ontogenia recapitula la filogenia, lo cual es una sobreposición de escalas temporales, una interpenetración de ellas, a su vez interpenetradas con las escalas espaciales; es algo como una hiper-interpenetración espacio-temporal. Se trata, en segundo lugar, de la sobreposición de dos escalas temporales en una totalidad coherente, de una serie de devenires y cambios de cantidad en calidad en tiempos desiguales. Ello es toda una visión revolucionaria en ciencia. Se logra explicar, además, el desarrollo embrionario como un recorrido de formas y estructuras observadas como discontinuidades y saltos dialécticos, a lo largo de los cuales aquéllas aparecen y desaparecen, en un proceso de negación de la negación. La unidad de tipo no sólo no se pierde sino que se reafirma, pero como una unidad dinámica, como movimiento.

### *Variedades, especies, hibridación y el principio de continuidad*

El principio de continuidad establece que en la naturaleza no existen saltos bruscos y que todas las entidades del universo se pueden arreglar a lo largo de una gradación muy fina. Es este uno de los puntales de la teoría de la evolución desde Lamarck. El análisis dialéctico de este principio nos lleva a darnos cuenta de que contiene una contradicción: impide comprender el mundo como totalidad cuando se pretende que en el universo existe una esencia y que los cambios que en él se operan son sólo cuantitativos; no se espera que aparezcan cualidades nuevas. Darwin incurrió en ese error cuando analizó la evolución humana y del instinto (Darwin 2008b, 105-119; 1987, 463-527; 1964, 207-244) o la relación entre el ser humano y los animales superiores.<sup>1</sup>

Pero el mismo principio deviene en una valiosa herramienta para comprender la totalidad cuando la naturaleza misma muestra que no existen esas fragmentaciones y parcelaciones que el cartesianismo nos ha forzado a ver. El principio

<sup>1</sup> “No obstante, la diferencia de la mente entre el hombre y los animales superiores, con todo y lo grande que es, representa una diferencia de grado y no de clase.” Darwin (1968 [1871], 105).

de continuidad no excluye la existencia de saltos cualitativos; lo que explica es que, junto a ellos, existen continuas transformaciones imperceptibles a los sentidos, o aquellas que no alteran las cualidades de los factores del sistema que se transforma. Tanto los cambios de grado como de clase coexisten en la naturaleza. Darwin ofrece una buena explicación de la combinación de éstos con las diferencias cuantitativas en el análisis del proceso de especiación que, siendo un proceso muy gradual, implica la aparición de numerosas variedades como preámbulo a la formación de especies. Darwin encuentra que es extremadamente difícil definir, de acuerdo con la metodología tipológica tradicional en biología, cuándo tenemos una variedad y cuándo una especie. Desde luego esto no es en la totalidad de los casos, pero la cantidad de excepciones es suficientemente significativa como para concluir que las definiciones tajantes de especie, y de variedad sean muy difíciles de dar.<sup>2</sup> Su visión totalizadora se contradice con la estrecha visión pre-evolucionista. En sus borradores de *El Origen de las Especies* encontramos un capítulo dedicado al asunto (Darwin 1987, 387-462). Allí afirma:

pero además de la extrema dificultad para decidir en algunos casos cuáles formas debemos catalogar como especies y cuáles como variedades, veremos que hay una graduación tan insensible, que va de la esterilidad estricta a la fertilidad perfecta, que es de lo más difícil trazar una línea de demarcación entre las dos [...] (Darwin 1987, 388).

Darwin, con esto, se aproxima a una visión dialéctica y comienza a romper con la concepción tipológica tradicional en taxonomía, imperante cuando menos desde tiempos de Carl Linnaeus.

### *Pruebas paleontológicas de la evolución*

Los estudios científicos de los fósiles existentes desde el siglo XV (Rudwick 2008, 201-241), estuvieron carentes de una visión de la unidad espacio-temporal y de un punto de vista relacional. Esta deficiencia se perpetúa durante todo el tiempo en que prevaleció una concepción fijista y creacionista del mundo. El pensamiento revolucionario del darwinismo aportó de nuevo una salida coherente a aquel problema desde la totalidad dinámica espacio-tiempo.

Darwin establece una relación temporal y de continuidad entre los distintos estratos geológicos; es decir que en su análisis relacional se pueden conocer eventos en la historia de la Tierra; luego establece la existencia de una relación

<sup>2</sup> El desarrollo post-darwiniano de la genética, la ecología y la biología molecular, si bien han provisto muchas luces sobre los procesos de especiación, han encontrado muchos problemas, como los descritos por Darwin, para poder determinar claramente la diferencia entre variedad y especie. Véase por ejemplo (Ptacek y Hanksion 2009, 177-207).

temporal análoga a la de los estratos entre los fósiles que en cada uno de ellos se encuentran, y por lo tanto prueba que han existido cambios en las especies que han poblado la Tierra en otras épocas; finalmente, establece una correspondencia entre las edades de los estratos y las de los fósiles, pero a diferencia de cualquier otra interpretación geológica o paleontológica previa, se la ve como una relación espacio-temporal cambiante.

Darwin logra, con este análisis del registro fósil, una innovación en el pensamiento científico: de una simple distribución espacial de artefactos se pasa a una distribución espacio-temporal de organismos antiguos. De una descripción de objetos misteriosos se pasa a una explicación coherente, materialista y verdadera de procesos y actividades comprensibles en el complejo espacio-tiempo. La dirección darwiniana hacia el pensamiento integrador, interdisciplinario y totalizador es manifiesta.

## Elementos conservadores

Sin embargo, al elaborar la explicación teórica para el fenómeno cuya existencia real ya había mostrado la evolución biológica, Darwin se aparta de esta concepción altamente dinámica contenida en las pruebas de las que arriba hablamos. Sin renunciar a su concepción materialista, Darwin se apoya en una serie de categorías de análisis y explicaciones provenientes de la economía política.

Este componente de la teoría de la evolución es importante de ser tratado con cierto detalle porque lo que ocurre es que Darwin no se puede desprender completamente de una visión del mundo mistificada y fetichizada, atravesada por las categorías fundamentales de la economía política: propiedad privada, mercancía, dinero, sobre población, escasez, territorialidad, beneficio, éxito, egoísmo. El principal problema de todo esto es que Dawin incurre en una falacia ideológica al incorporar estos elementos como la parte central de la teoría, es decir, en pensar que los comportamientos de los individuos de todo el mundo vivo se corresponden con los de ciertos seres humanos que viven dentro de y a costa de las relaciones de producción-circulación-consumo propias del capitalismo. Es decir, en pensar que se trata de relaciones y categorías puestas por la naturaleza y que por ello son eternas e inmutables. Se trata, una vez más en la historia de la ciencia, de un proceso de imposición a la realidad del mundo material de una idea preconcebida; de una inversión en la relación entre el sujeto cognosciente y su objeto o sistema de estudio. El sujeto cognosciente, en este proceso, imagina una situación en la que la realidad percibida es despojada de su explicación histórica y concebida como si fuera toda la realidad, como si estuviera compuesta de elementos eternos. Esto, que en general lleva a la conformación de lo que se da en llamar “falsas conciencias”, es un elemento

inconsistente en la teoría darwinista por cuanto se trata de una teoría del cambio continuo y profundo, pero que es explicada en función de categorías y procesos que se pretenden constantes e incambiables.

Una de las más ampliamente tratadas es la influencia de la teoría demográfica de Thomas Malthus. Como es ampliamente conocido, Darwin encontró en la aparente contradicción población-recursos, la explicación para el proceso evolutivo por medio de la selección natural. Brevemente resumida, la explicación malthusiano-darwinista sería la siguiente:

1. En el mundo vivo la capacidad de crecimiento de las poblaciones es mucho mayor que la que tienen los recursos para la subsistencia.
2. Esto crea una situación de escasez permanente, más acusada en algunos momentos que en otros, pero permanente.
3. En esta situación, se genera necesariamente una lucha por los pocos recursos disponibles, la cual es explicada como “lucha por la existencia”.
4. Son los individuos mejor preparados para la lucha los que salen victoriosos, mejor adaptados a las hostiles condiciones del medio, y por ello capaces de generar una mayor progenie, en contraste con los más débiles y desadaptados, que tenderán a desaparecer.

El análisis y debate sobre la influencia de Malthus en Darwin es muy amplio (Schweber 1977; 1980; Greene 1977; Todes 1989; Young 1969; 1971; 1973; Muñoz Rubio 1999). El punto no es trivial pues, en palabras del propio Darwin, fue con su lectura de Malthus como llegó a concebir su teoría de la selección natural. Es interesante considerar que en su autobiografía, Darwin menciona que esa lectura la hizo “para entretenerte” (Darwin 1958 [1892], 42), por lo cual el papel de la teoría del demógrafo británico en la de la evolución ha tendido a ser minimizado en ocasiones.

Es muy dudoso, por decir lo menos, que realmente Darwin haya leído ese tedioso y largo texto (Malthus 1971) sólo para entretenerte, quizás en un momento de aburrimiento. Lo que en el fondo explica la incorporación de los elementos malthusianos en la teoría darwiniana es que Darwin se encontraba fuertemente identificado con la visión del mundo de Malthus, con la idea de que la escasez es eterna, que la competencia y el espíritu guerrero y egoísta son atributos naturales en todo organismo. De hecho se trata de la misma visión y aunque haya sido enormemente fértil a lo largo de las décadas, eso no oculta su carácter ideológico (Young 1969; 1971; 1973).

La otra influencia de la economía política proviene de Adam Smith (1954 [1776-1778]). Aunque menos o nada explícita en la obra de Darwin, no puede ser negada. Esta influencia es clara en el concepto darwiniano del progreso. Según

él, que para empezar admite que la evolución es un proceso progresivo “hacia la perfección”, este progreso ha de ser medido en una tendencia general a la división de funciones en la evolución. Adam Smith hablaba en *La Riqueza de las Naciones* de una tendencia natural al incremento en la productividad del trabajo, el cual tiene su expresión en la manufactura. Entre mayor sea la división de funciones en el proceso de fabricación de un artículo cualquiera, más rápidamente se producirá y, obviamente, la riqueza material habrá de aumentar (Smith 1954 [1776-1778], vol. I, 4-19) por lo cual, según Smith, el trabajo manufacturero sería también el más natural posible, dado que correspondería a la tendencia natural del ser humano a comerciar e intercambiar (y entre mayor fuera el volumen de la producción mayor sería el del comercio).

Darwin toma esta noción de progreso. Si bien no menciona explícitamente a Smith sino a Von Baer, el origen y transmisión de tal noción proviene de Smith (Darwin 1981 [1871], vol. I, 211). En el mundo de los seres vivos existe esta tendencia a aumentar la división de funciones, o la especialización. Se puede constatar a dos niveles: a escala individual y a escala de comunidad biológica. En el primer nivel, existe la tendencia de las especies a evolucionar de manera que los individuos desarrollen partes especializadas para realizar una y sólo una función, o al menos que ésta esté diferenciada de las de otras partes de su cuerpo. Esto es claro cuando se analiza la estructura de animales o plantas denominados “superiores”, residiendo su superioridad justamente en esta división de funciones. El otro nivel estaría dado por la división de funciones de las diferentes especies que viven en un área geográfica (muchas de las cuales de por sí pueden poseer una especialización de acuerdo con el primer criterio). Entre más divididas estuvieran las funciones al interior de una comunidad biológica, los escasos recursos para la supervivencia podrían repartirse de manera más eficiente y disminuir temporalmente los efectos de la selección natural y de la lucha por la existencia, si bien este estado sería temporal, dada la inevitabilidad de la ley malthusiana.

De nuevo, la identificación de Darwin con principios de la visión burguesa del mundo, con el *ethos* competitivo e individualista, es evidente.

El tercer elemento ideológico que tenemos en Darwin es el de su teoría de la selección sexual. En ella explica que se trata de un proceso subordinado a, y menos severo que el de la selección natural y que consiste en la lucha de los machos por la posesión de las hembras, a fin que sean seleccionados individuos más aptos de uno y otro sexo dentro de una misma población (Darwin 1964, 87-90). Al aplicar esta teoría al ser humano, Darwin naturaliza el carácter activo, emprendedor, agresivo de los hombres y el carácter fundamentalmente pasivo y reservado de las mujeres (Darwin 1981, vol. I, Part II, 253-320; vol. II, Part II, 316-384). Esto va acompañado de una naturalización de las binariedades

hombre/mujer, y masculino/femenino; es decir, de la asignación de una función sexual naturalmente determinada, proveniente de la binariedad macho/hembra para denotar una función fundamentalmente reproductiva de la sexualidad, todo esto lejos está de ser un atributo natural de unos y otros y más bien es una extrapolación ideológica del comportamiento sexual dominante en la sociedad patriarcal-victoriana en la que él vive.

Las anteriores consideraciones son un apretado resumen de aquellos puntos que, a pesar de haber mostrado una capacidad heurística muy grande, han atravesado los más de 150 años transcurridos desde la publicación de *El Origen de las Especies* con el carácter de un discurso de dominación más que con el de una verdad o aproximación a una verdad científica. El triunfo de las visiones neo-darwinistas, que explican la evolución solamente en función de la adaptación, producto de la selección natural, a su vez causada por la variabilidad genética, llevaron a fortalecer la naturalización de estos conceptos. Los avances en genética, biología molecular y psicología ocurridos en décadas más recientes fueron orientados en muchos casos a reforzar estos principios ideológicos-patriarcales-individualistas.

El neodarwinismo, conocido también como “síntesis moderna”, resultado de la fusión de la teoría darwinista de la selección natural con la genética mendeliana, representó un impulso decisivo al estudio de la evolución biológica, una profundización conceptual y práctica de formidables dimensiones y producción científica.

Sin embargo, se desarrollaron asimismo ciertas líneas de estudio e investigación caracterizadas por un reduccionismo y una vulgaridad marcadas, sobre todo en lo que respecta al comportamiento social de los animales, incluyendo desde luego al ser humano. En estas líneas se expresa un genocentrismo claro, atribuyendo a la conducta una base genética y naturalizando, una vez más, valores, principios y prácticas propias de sociedades patriarcales y del capitalismo. De entre los campos de conocimiento e investigación desarrollados destacan la etología, impulsada por Konrad Lorenz y Niko Tinbergen (Lorenz 1982 [1963]; Lorenz 1986; Tinbergen 1975 [1951])<sup>3</sup> en los años cincuenta y sesenta del siglo pasado; la sociobiología, defendida por Edward O. Wilson (1975; 1978) y Richard Dawkins (1976), cuyo auge tuvo lugar a partir de 1975, y la más reciente de ellas, la psicología evolutiva, de inicios de los años noventa a la actualidad, y que tiene en Steve Pinker, David Buss, Randy Thornhill, Leda Cosmides, Jerome Barkow y James Tooby, entre otros, a sus máximos representantes (Barkow, Cosmides y Tooby 1995; Thornhill y Palmer 2006). Estos casos merecen atención

<sup>3</sup> Un autor que muestra con gran elocuencia las coincidencias entre la etología y la sociobiología es Lerner (1992).

especial porque, debido al peso dominante que tienen los elementos ideológicos, es que podemos hablar de verdaderas pseudociencias del determinismo biológico.

### *La lucha del reduccionismo contra la visión totalizadora*

Esta rápida descripción de los puntos que suscitan la tensión que observamos en la teoría darwinista es importante porque es uno de los factores centrales que ha permitido el desarrollo del programa evolucionista. En muchos sentidos se han venido haciendo cuestionamientos a las expresiones contemporáneas de la ideología inserta en el evolucionismo. Entendemos por contemporánea a la biología evolutiva desarrollada a partir de 1953, con la determinación de la estructura tridimensional de los ácidos nucleicos, por parte de J. Watson y F. Crick (1953a; 1953b).

Las expresiones reduccionistas en el evolucionismo se caracterizan por una fetichización (en el sentido marxista del término) de las unidades de transmisión de información genética, y por una concepción “neo-preformista” del crecimiento de los organismos.

Con respecto al primer punto, la llamada “síntesis moderna” o teoría neodarwinista de la evolución surge con la preocupación de entender cuáles son los mecanismos precisos de transmisión de información genética y de variación de la misma. En ese sentido resultan fundamentales los trabajos de G. Mendel (1866), pues explican justamente aquello que Darwin nunca logró explicar: ¿cómo se transmite la información de una generación a otra?

La deficiencia principal de estas explicaciones “genocéntricas” es que, por una parte, conciben a las unidades de transmisión genética como entes que pueden prescindir de todo lo demás que las rodea para realizar sus funciones. Es decir, los ácidos nucleicos y los genes que los integran, pueden existir por sí mismos, no requieren de ninguna relación para realizar sus funciones, se explican a sí mismos. La cumbre de esta explicación se encuentra en el llamado “dogma central de la biología molecular”, propuesto por Crick en 1970 y en donde se explica, como mecanismo universal, la transmisión de información del DNA al RNA y de ahí a la proteína, pero además se explica que existe una perenne capacidad del DNA para autorreplicarse, para existir por sí misma (Crick 1970). Esto es la quintaesencia de las concepciones fetichistas y fetichizadas del mundo, las cuales tienden un velo que impide conocer el conjunto de las relaciones existentes en un fenómeno cualquiera y, en cambio, sólo atienden a lo que es mera apariencia inmediata, tomándola por esencia, lo cual es una deficiencia constante en la concepción burguesa del mundo.

Al negar con todo esto las influencias exteriores a estas moléculas en la transmisión y variación, se postula que las unidades “esenciales” se encuentran

encapsuladas, apartadas del medio externo. Esto es una deficiencia íntimamente ligada a lo mencionado arriba, pues se concibe que el organismo entero está ya diseñado en sus genomas, que los genomas son el organismo mismo preformado. Que al prescindir de toda relación, los genomas preexisten a las condiciones ambientales en las que se han de presentar en su condición de individuos, no habiendo una modificación fundamental entre la suma de las codificaciones genéticas y el individuo como tal, que éste es la proyección cuantitativa de su genoma. Si (de acuerdo con la concepción pan-selecciónista, propia de la síntesis moderna) el individuo está adecuadamente adaptado o no a sus condiciones de existencia, y por lo tanto es capaz o no de sobrevivir y dejar o no una progenie numerosa, eso será causado por esas mismas condiciones, las cuales se le imponen unilateralmente al organismo, pero sin que exista ningún vínculo efectivo con él, pues éste y el ambiente siguen existencias separadas.

Se trata de algo más que la influencia de la filosofía de René Descartes sobre el evolucionismo. No es la obra de una persona aislada la que influye sobre la de otra, no es la interacción de teorías en ausencia de sujetos, es la manifestación de una contradicción persistente en la cultura burguesa consistente en buscar y encontrar explicaciones dinámicas del mundo, pero negándolas tan pronto no puedan ser explicadas en función de las categorías y valores de la economía de mercado y la filosofía patriarcal, consideradas falsamente como principios naturales y no históricos.

De ese modo, el evolucionismo reduccionista, al separar al organismo de su ambiente, al concebir al individuo o al gen como la unidad de la evolución, reproducen la añeja costumbre de entender a las partes separadas del todo y al todo como la suma de aquellas; al todo como expresión cuantitativamente aumentada de la propiedad esencial de la parte (Descartes 1995 [1647]; (1996) [1637]). Es decir, rehusarse a pensar que en el tránscurso del tiempo aparecen nuevas propiedades en los sistemas en evolución. Reproduce la añeja costumbre de pensar en las relaciones causa-efecto como relaciones unitarias, en las que el efecto es causado por una y sólo una causa, que es posterior a la causa y que siempre es el mismo. Concepciones ambas provenientes del mecanicismo de la física clásica; las cuales son excelentes y fructíferas cuando se trata de resolver problemas de cuerpos simples e inanimados, pero limitadas cuando se estudian sistemas complejos como los organismos y sus relaciones espacio-temporales.

En contra de semejantes enfoques, se ha venido desarrollado una corriente a la que bien podríamos llamar “contra hegemónica” que pone el acento en las relaciones de los seres vivos, en vez de en sus esencias. Es decir, de acuerdo con este enfoque el estudio de los seres vivos debe centrarse en la valoración de la totalidad, en vez de la de las “moléculas maestras”, cuya maestría o magistralidad queda de hecho en cuestión.

Una revisión completa de todos estos trabajos requeriría de un espacio mucho más amplio del que aquí se dispone, pero sí es posible citar los ejemplos más relevantes y sus variantes.

Pueden citarse los trabajos de A. I. Oparin sobre el origen de la vida, pues se encuentran entre los primeros que enfrentan al reduccionismo en biología (Oparin 1972 [1938]; 1953 [1938]; 1973; 1978). Oparin rechaza que este proceso haya sido el resultado de una adición meramente mecánica en el que espontáneamente diversos componentes moleculares se ensamblaron para dar lugar a una molécula que contuviera capacidades de transmisión de información y que, por tanto, constituyera la “esencia de la vida”. Considera insuficiente esta explicación y la sustituye por un modelo de integración de complejos polimoleculares —les llama coacervados (*co-pooled*)— actuando en sistemas existentes en el medio acuoso, pero separados de él a la manera de gotas de aceite. Tales sistemas polimoleculares con separación de fase son, de acuerdo con Oparin, las estructuras más adecuadas para lograr una interacción totalizante entre todos los elementos existentes. El resultado no es tanto el surgimiento de una o dos moléculas de jerarquía mayor a las demás (el ADN y el ARN), sino más bien una totalidad de elementos que se relacionan produciendo una sucesión de saltos cualitativos.

Así ocurre en el paso de las moléculas desnudas existentes en el medio acuoso a los sistemas polimoleculares primitivos, a los probiontes y de ahí a los eubiontes, o sea, los primeros organismos. En todos estos pasos, al aumento cuantitativo de las moléculas existentes y sus interacciones llevan a la adquisición de formas de organización con principios y reglas propias de este estadio evolutivo, los cuales no pueden ser entendidos en función de las reglas del nivel o estadio anterior. Se trata de una sucesión de negaciones y auto-negaciones dialécticas en la que aparecen nuevas propiedades, en vez de la simple expansión cuantitativa de esa propiedad esencial concebida como tal por el mecanicismo.

La crítica de Oparin a este punto de vista pasa por la constatación de que, en ausencia de relaciones, ningún ente lleva a cabo función alguna, o aun más, ni siquiera tiene sentido pensarla, pues su existencia carece de sentido (de la misma manera que no tiene sentido pensar en un ser humano total y permanentemente aislado de los demás). Los ácidos nucleicos y sus genes requieren de un ambiente en el cual tenga sentido su existencia, pero con ello la primacía de esa molécula pasa de la molécula misma al conjunto del proceso. Tal es una de las contribuciones más trascendentales de Oparin. Con mayor o menor independencia de su obra, esta tesis contenida explícita o implícitamente en su obra, se va a expresar por otros evolucionistas en décadas posteriores.

Existen otras expresiones más contemporáneas de esta visión de la totalidad.

Los trabajos de Lynn Margulis sobre la llamada Teoría Serial Endosimbiótica (Margulis 1971; 1993; 1997), ponen las bases para una comprensión de la evolución en función, no de la competencia y la hostilidad permanentes, sino en la cooperación, que tiene en el origen de la célula eucariote a uno de sus más claros ejemplos.

Susan Oyama y su Teoría de Sistemas en Desarrollo, en el cual refuta la tesis de la existencia separada de lo “natural” y lo “aprendido”, ambas categorías deben desecharse y en su lugar ubicar al desarrollo integral e incluyente como el elemento central del proceso de la vida. Oyama acuña el concepto de “interacción constructiva” para referirse a una constante introyección de factores y procesos de unas entidades de los organismos en otras, lo cual es un planteamiento dialéctico claro en el que las interacciones entre los opuestos alcanzan un nivel que supera el de la simple interacción, casual y puntual, para convertirse en una forma de construcción de todo un sistema vivo, lo cual implica la integración con su ambiente (Oyama, Griffiths y Gray 2001; Oyama 2000; 2002).

Ya que se menciona esta modalidad del enfoque evolucionista, se debe mencionar la obra de Richard Levins y Richard Lewontin, en la que aplican explícita y conscientemente los principios dialécticos extraídos de Friedrich Engels y Karl Marx (y su raíz hegeliana), especialmente los del primero de ellos dos (Levins y Lewontin 1985; 2007; Lewontin 2000; Levins 2007). De ese modo, observan el mundo vivo y su evolución desde luego contra un enfoque reduccionista, pero en su construcción de una visión dialéctica que contiene varias negaciones y superaciones dialécticas: primeramente supera y niega al reduccionismo en una visión relacional; pero, además, se supera y niega la concepción relacional como una concepción “interaccionista”. En su lugar, estos autores la presentan como un mundo de *interpenetraciones*; es decir, es un proceso simultáneo en el que la afirmación de la existencia y funciones de un componente del mundo vivo al que llamaremos “A” (que puede ser desde el gen al ecosistema) y al que sólo se le comprende en función de la existencia de su contraparte, es decir del o los componentes que son la negación, ontológicamente hablando, del primero; de todos aquellos que son no-A, pero que al ser su negación, su ser-Otro, son su relationalidad, son su estar contenido en el Otro, ser el Otro al tiempo de negarlo. Las partes están interpenetradas entre sí y con el todo, resolviendo con ello el problema añejo de si el todo equivale numéricamente a la suma de las partes, mostrando que no es lo mismo el todo de sistemas simples inanimados al de sistemas complejos como los vivientes.

Levins y Lewontin muestran cómo el concepto de interpenetración también nos lleva a comprender lo errado del programa adaptacionista, que postula que las adaptaciones son consecuencias universales de la evolución. Tal tesis está enraizada en una concepción de la evolución en la que los organismos y el

ambiente llevan existencias separadas. Levins y Lewontin criticaron esto. El segundo de ellos establece que en realidad lo que sucede es que existe una co-construcción tanto de organismo como de ambiente en la que los dos elementos se encuentran profundamente imbricados; el organismo selecciona sus ambientes tanto como estos a los organismos; el papel activo de la evolución no puede ser ceñido al del ambiente, que deja al organismo en el papel de objeto pasivo (Lewontin 1983). Se trata de una relación sujeto-objeto en el que los papeles de uno y otro se intercambian y alternan, renunciando a la idea de que debe haber un lado de la relación que permanentemente se esté adaptando a lo que el otro lado —presentado como activo siempre— esté disponiendo. Más aún, esta tesis de Lewontin es un argumento demoledor en contra del adaptacionismo estricto porque niega que en la naturaleza hayan preexistencias. El adaptacionismo sostiene implícitamente que los organismos sobrevivientes a la selección natural subsisten porque están capacitados para resolver problemas, problemas que preexisten a ellos mismos, como si existiera una direccionalidad de la evolución en la que las condiciones de vida estuvieran puestas de antemano o “decididas” para que los organismos expresen las instrucciones que ya de antemano tenían para adaptarse a un ambiente cuya existencia era inexorable.<sup>4</sup>

Finalmente, y como una de las más recientes aportaciones a la crítica al reduccionismo biológico, tenemos la de Eva Jablonka, en defensa de las concepciones neo-lamarckistas (Jablonka y Lamb 1995; 2005; Gassis y Jablonka 2011; también ver artículo de Jablonka en este número de *INTERdisciplina*). De acuerdo con el modelo de Jablonka, las tesis del neodarwinismo se han comenzado a quebrar ahí donde no ha sido capaz de mostrar la universalidad de la herencia dura y de la variación al azar, verdaderos pilares de la síntesis moderna. Sin negar la existencia de esas formas de variación ni de herencias, manifiesta la existencia paralela y/o simultánea de otros procesos. Algunos de ellos, principalmente epigenéticos, permanecen ligados a los genomas pero autonomizados de ellos, y en cambio mediados y dirigidos por las condiciones ambientales. Otros procesos evolutivos son francamente independientes de aquéllos, como en la evolución conductual y simbólica o cultural. Las herencias aquí se han separado totalmente de la cadena secuencial ADN-ARN-Proteína.

Las consecuencias de esta resurrección del lamarckismo son, desde luego, impredecibles, lo que está claro es que se trata de una modificación radical en la teoría de la evolución. Una modificación que está minando seriamente muchas de las bases de la teoría neodarwinista. La existencia de dos teorías con

<sup>4</sup> Para un análisis del adaptacionismo consultense: (Williams 1966; Lewontin 1985; Lewontin 1978; Gould y Lewontin 1979; Gould y Vrba 1982; Lewens 2009; Sober 1996; Kimura 1983; Kimura 1992).

validez simultánea es algo que no se había dado antes en el campo de la evolución biológica. Es cierto que el propio Darwin admitió en reiteradas ocasiones que su teoría de la selección natural pudiera no ser la única válida y que podrían encontrarse casos en los que los principios de Lamarck funcionasen, pero Darwin pensaba en esto como situaciones o casos excepcionales. En la lucha posterior entre lamarckistas y darwinistas, correspondería a estos últimos afirmar que hay una y sólo una teoría válida: la neodarwinista, que la forma de transmisión de información corresponde básicamente a la develada por G. Mendel y que el mecanismo de evolución se basa en la selección natural, con las correspondientes adaptaciones. El resto de la historia está marcado por una rivalidad entre las dos teorías en la que el lamarckismo tenía perdida irremediablemente la lucha, pues a estas alturas no podría desplazar al neodarwinismo como teoría de la evolución.

Pero las investigaciones y postulados de Jablonka muestran otra cosa: la existencia de dos teorías de la evolución juzgadas como incompatibles entre sí, no sólo no son así, sino que ayudan a reforzar el programa de investigación evolucionista, y lo hacen más fructífero; incrementan su capacidad heurística. Sobre todo, lo que Jablonka muestra es que, tratándose de sistemas complejos como los vivos, la multiplicidad de caminos, planos, direcciones de sus procesos, la interpenetración espacio-tiempo y la unidad organismo-ambiente, son algo tan constante y contundente que carece de sentido seguir intentando las explicaciones monistas y de relaciones causa-efecto de uno a uno.

Por último, hay que señalar que este tipo de aportaciones contrarias al reduccionismo están minando las bases de lo que podríamos llamar el modelo genocéntrico, o de herencia dura como mecanismo universal de transmisión de información. Concretamente se pone en cuestión la validez universal de los modelos de flujo final de información DNA-RNA-Proteína; los modelos de determinación genética en relaciones de un gen-una proteína, las relaciones genotipo-fenotipo en las que uno y otro están fragmentados en partes independientes entre sí y que posibilitan la transmisión fragmentada de información en un sistema siempre cerrado, aislado.

El caso del citado dogma central de la biología es interesante porque muestra cómo concepciones del mundo reduccionistas, con un carácter de clase claro, son parte de la construcción de modelos científicos aparentemente desconectados o independizados de intereses ideológicos, económicos o políticos pero que tarde o temprano son retomados por quienes tienen evidentes intereses de ese tipo. Nos referimos para este caso a la manera como los apologistas de la industria de la agrobiotecnología defienden de la manera más acrítica el concepto tradicional de gen y el dogma central de la biología molecular, ignorando los crecientes cuestionamientos a su validez universal.

## Hacia la construcción de una teoría de la evolución biocultural

Los nuevos desarrollos en biología evolutiva están dando pie a un puente entre las ciencias biológicas y las ciencias sociales. La búsqueda de tal vinculación no es una novedad, ya que desde hace tiempo existen proyectos interdisciplinarios que vinculan aspectos de los dos ámbitos. Publicaciones como *Human Ecology*, editada desde 1974, justamente enfocan las implicaciones biológicas de dinámicas sociales y, a la vez, los efectos sociales derivados de transformaciones de la flora y fauna. El materialismo cultural y la antropología ecológica, también desde los años setenta o incluso antes, destacaban la importancia de pormenorizar los efectos ecológicos de las prácticas culturales. La etnobiología, antropología médica y bio-semiótica son otros campos cuyo objeto de estudio fusiona lo social y lo biológico. En fin, los procesos involucrados para que surgiera la evolución bio-cultural como tema de investigación, así como los distintos enfoques teórico/metodológicos con los cuales se aborda, son materia para un trabajo mucho más extenso de lo que puede abordar este editorial. Los renglones a continuación se limitan a discutir posturas recientes sobre la dicotomía persona/organismo, por una parte, y a reflexionar sobre la recepción de la teoría de construcción de nicho —por lo menos en lo que concierne al ser humano— en las ciencias sociales, particularmente la antropología.

Interpretaciones seleccionistas de la cultura humana ya figuraban en el *Origen del hombre* de Charles Darwin, y articularon el llamado darwinismo social de finales del siglo XIX y principios del XX. Ciertamente, desde la década de los treinta del siglo pasado antropólogos como Franz Boas vieron un trasfondo racista en tales interpretaciones y rechazaron explicar la cultura desde perspectivas biológicas. La independencia de las dinámicas culturales respecto de la evolución biológica ha sido, desde entonces, un principio integrador de la antropología (Ingold 2004; Schultz 2014; ver también Schultz en este número de *INTERdisciplina*). Resulta curioso, entonces, que sean antropólogos (como Ingold y Schultz) quienes ahora teorizan sobre la evolución bio-cultural (o bio-social), a partir de ciertos desarrollos novedosos de la biología evolutiva. Lo nuevo en el tendido de puentes entre las ciencias de la vida y las ciencias sociales no estriba en el afán por tenderlos, sino en la clase de vinculaciones que están surgiendo.

La teoría de Darwin replanteó de manera radical el lugar del ser humano en la naturaleza. Mientras los científicos del siglo XVIII vislumbraban una diferencia de tipo entre las facultades cognitivas humanas y las de los animales, Darwin propuso que tales diferencias son de grado. Si en el siglo XVIII se explicaba la diferencia entre el “salvaje” y el “civilizado” en términos de desarrollos desiguales dentro del mismo tipo —al primero todavía le falta desplegar su potencial intelectual para alcanzar al segundo—, para Darwin la separación entre el

civilizado y el salvaje podría ser muy grande, pero con un sinnúmero de gradaciones entre ellos. La distancia entre el salvaje más bruto y el simio más inteligente, si bien es más grande aún, igualmente comprende un alud de gradaciones. De cualquier manera, las facultades mentales del primero, con todo y su humanidad, están más próximas a las de los primates superiores que las facultades de un europeo civilizado. La prosa de Darwin en el tercer capítulo de *The Descent of Man* no da lugar a equívocos.

Esta perspectiva servía a proyectos colonialistas encaminados a ejercer una tutela sobre aquellos pueblos considerados salvajes y, a modo de justificación, civilizarlos. Pero no sólo se trataba de instruirlos, sino de identificar y segregar a los colonizados más prometedores, y promover que estos seleccionados se aparearan y tuvieran hijos, pues según el argumento, las facultades cognitivas se heredan. Por ejemplo, el darwinista y matemático Karl Pearson (1904), uno de los fundadores de la revista *Biometrika*, consideraba que un sistema de educación pública para el Imperio Británico cumpliría muy bien la función de mejorar la inteligencia de los súbitos del rey, con el paso de las generaciones. Tal resultado, pensaba, no sólo se consigue por la labor educativa, sino también por el papel socializador de la escuela. Los excesos de los programas eugenésicos y las luchas de liberación nacional contribuyeron a que el enfoque concerniente a las diferencias de grado de las facultades cognitivas entre primates superiores, humanos “salvajes” y humanos “civilizados”, menguara después de la Segunda Guerra Mundial. De nueva cuenta cobró relevancia la postura de que la cognición humana es una característica de tipo distinto a la cognición animal.

Sin embargo, comenta Ingold (2004), el alejamiento de posturas racistas, si bien un logro justo y necesario, derivó en un *impasse* conceptual en la antropología: se acepta que la evolución biológica sirve para dar cuenta del surgimiento del ser humano a partir de sus ancestros primates, pero una vez que el *Homo sapiens* poblara la Tierra, las variaciones conductuales y cognitivas se circunscriben al ámbito de la cultura. La biología da paso a la historia. El devenir de la humanidad, por tanto, se concibe en dos fases distintas: una donde la evolución por selección natural y modificación de la descendencia da lugar al andamiaje o sustrato orgánico —morfo-fisiológico— que sustenta las facultades mentales superiores que todos los seres humanos poseen o pueden desarrollar, y otra fase donde se despliegan dichas facultades en prácticas y construcciones culturales. Al plantear las cosas así, el umbral de la primera fase a la segunda cobra especial atención como objeto de estudio. Sin embargo, es un objeto al que ya no se tiene acceso, dado que ha quedado en un pasado remoto, y a lo que más se puede aspirar es a investigar un símil actual e identificar o revelar aquellas propiedades (esenciales) que, plausiblemente, podrían proyectarse al pasado, como si también fuesen propiedades de aquel momento umbral. Muchos estudios sobre

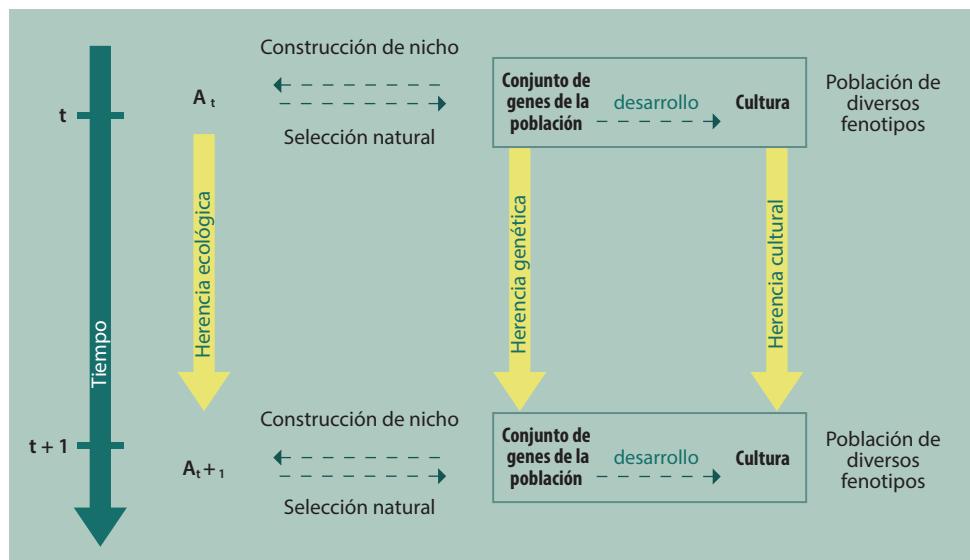
pueblos cazadores-recolectores del presente tienen ese cometido: visto con cierta ironía, podría decirse que la antropología también cuenta con sus “organismos modelo”.

Mantener la dualidad de lo cultural *versus* lo biológico sirve bien al propósito de demarcar ámbitos disciplinarios, pero si lo que se pretende es una comprensión integral de la vida humana, genera más problemas de los que resuelve. El ser humano es un ser social y también un ser biológico: es persona y organismo. En lugar de mantener la dicotomía, ¿acaso no sería mejor otro concepto de persona que abarque y fusione el desarrollo vivencial y el desarrollo ontogénico? Semejante cambio de perspectiva sitúa a la persona en un campo de interacción social —esto es, de relaciones intersubjetivas, sean presenciales o mediadas por artefactos culturales— y la concibe como entidad integrada por diversas trayectorias (psíquicas, emocionales, fisiológicas, comunicativas, socializadoras) de maduración y crecimiento. La persona es, entonces, un nodo en desarrollo, dentro de un campo relacional dinámico, que se transforma en sintonía con el desarrollo del nodo (Ingold 2000, 4).

## Construcción de nicho

El despliegue acoplado del ser vivo y su entorno ocupa un lugar protagónico en la teoría de construcción de nicho (Laland *et al.* 2000; Odling-Smee *et al.* 2003; Kendall *et al.* 2011; O'Brien y Laland 2012), teoría vinculada a la evolución del desarrollo. En ella, el ambiente no es una mera instancia externa que influye el ciclo de vida del organismo, o un medio de factores bióticos y abióticos en el que éste vive. Se plantea que las actividades del organismo contribuyen a moldear el ambiente en que vive, es decir, participa en la construcción de su propio entorno. Ahora bien, en la interpretación de la llamada síntesis moderna, el ambiente pone las presiones selectivas que limitan o posibilitan la reproducción y supervivencia del organismo en cuestión; lo interesante, desde la perspectiva de la construcción de nicho, es que al modificar y participar en la construcción de su ambiente, el organismo modifica el régimen de presiones selectivas que se ciernen sobre él. Además, el nicho construido se hereda a generaciones posteriores, como una suerte de patrimonio que se le brinda al conjunto de descendientes. Tal herencia ecológica —así se le denomina— complementa a la herencia genética.

En lo concerniente al *Homo sapiens*, las actividades orientadas a construir el ambiente humano abarcan las prácticas culturales relativas a la producción de alimento, vestido y vivienda, pero también incluye aquellas vinculadas con el aprendizaje y la enseñanza, la producción simbólica y el establecimiento de instituciones y normatividades. Operan, por tanto, varias herencias, a saber:



**Figura 1.** Elaborada a partir de Laland *et al.*, (2000).  $A_t$  y  $A_{t+1}$  se corresponden respectivamente con el ambiente en el tiempo  $t$  y en el tiempo  $t + 1$ .

aquella concerniente a la trasmisión genética, la herencia del paisaje antropogénico y sus recursos, y el legado de la cultura simbólica (la figura 1 muestra un esquema al respecto).<sup>5</sup> Dada su arquitectura conceptual, la teoría de construcción de nicho puede coadyuvar a la creación de un campo de investigación interdisciplinaria en el cual confluyan científicos sociales y biólogos. Pero esto no significa que ese espacio ya está dado y sólo se requiere ocuparlo; es menester poner de relieve posibles vínculos inter-teóricos entre esta conceptualización del nicho y teorías emanadas de las ciencias sociales, para dar lugar a un marco conceptual más robusto que pueda guiar el trabajo interdisciplinario.

O'Brien y Laland (2012) discuten la pertinencia de la teoría de construcción de nicho respecto al origen de la agricultura y la ganadería. Ponen de relieve diversos modelos de construcción de nicho y sus efectos sobre los aspectos culturales/sociales y biológicos de las poblaciones humanas. Bien puede ser el caso, sostienen, que el régimen modificado de presiones selectivas incida en uno u otro aspecto, o incluso en ambos a la vez. Por ejemplo, la modificación del

<sup>5</sup> La contribución de Emily Schultz al presente número de *INTERdisciplina* señala que en exposiciones posteriores de la teoría, la herencia cultural queda incluida en la herencia ecológica. La autora pone de relieve la conveniencia, desde la óptica de las ciencias sociales, de mantener una concepción tripartita de la herencia, como lo hace la figura 1.

hábitat humano puede dar pie al surgimiento de enfermedades que antes no eran tan frecuentes. Quizá una innovación cultural, supóngase el descubrimiento de un remedio eficaz, baste para contrarrestar las enfermedades que derivan del cambio en la estructuración del paisaje antropogénico, de modo que esta presión selectiva no afecta la constitución biológica de la población. Así, el efecto de la construcción de nicho da lugar sólo a un cambio cultural. Pero podría darse el caso de que no haya una innovación cultural adecuada, o bien que sea insuficiente, de modo que la presencia de tales o cuales enfermedades tengan efectos en las frecuencias génicas de la población humana. Con el paso de las generaciones, se fija un o varios genes que confieren resistencia a la enfermedad en cuestión, entre la mayoría de los integrantes del grupo.

Ahora bien, lo realmente interesante de O'Brien y Laland (2012) son los comentarios que le hacen una serie de lectores invitados, buena parte de ellos provenientes de las ciencias sociales.<sup>6</sup> Ahí es donde mejor se perciben las posibilidades de puentes interdisciplinarios. Algunos de los comentaristas (Kim Sterenly) señalan que los ejemplos dados en el artículo (resistencia a la lactosa entre pastores consumidores de leche, resistencia a la malaria entre agricultores de África occidental) ilustran casos donde las conexiones entre cambio cultural, cambio fenotípico y cambio genético son más o menos directas y poco problemáticas. Los efectos poblacionales y genotípicos de muchas otras innovaciones culturales no son tan claros, aunque sí sea evidente la modificación que éstas operaron en las presiones selectivas sufridas por el grupo humano en cuestión (piénsese en la vestimenta). Por otra parte, los ejemplos de O'Brien y Laland no toman en cuenta el papel que aparatos reguladores del trabajo colectivo (estados, organizaciones religiosas, etc.), así como las resistencias a sus dictados, juegan en la construcción del entorno antropogénico, en la preservación o alteración de tradiciones culturales, y en la invención de artefactos. Es menester, por tanto, que la teoría presentada incorpore más posibilidades de la agencia humana que la mera ingeniería ambiental (comentario de Agustín Fuentes). Habría que ponderar también los efectos de la división del trabajo y el conflicto entre grupos sociales con intereses divergentes.

Entre las teorías sociales que se han propuesto como complementarias o enriquecedoras de la teoría de construcción de nicho, cabe mencionar la teoría de actor/red de Bruno Latour (Hodder 2010; Schultz 2014). Pero conviene subrayar que la ligazón se propone en un sentido exploratorio e incluso subordinada a concepciones propias del científico social en cuestión. Así, Hodder (2010), des-

<sup>6</sup> El artículo se publica en la revista *Current Anthropology*, la cual tiene la virtud de incluir, junto con el trabajo principal, los comentarios que hacen al texto diversos lectores invitados.

de el ámbito de la arqueología, desarrolla una propuesta concerniente a la cultura material que le otorga agencia a las cosas. Lo que le interesa poner de relieve es cómo los humanos dependen de las cosas, las cosas dependen de otras cosas, las cosas dependen de los humanos y los humanos dependen de los humanos. A toda esta madeja de relaciones la denomina entrelazamiento (*entanglement*), y sostiene que este marco conceptual puede englobar o acomodar las teorías de construcción de nicho y de actor/red. Schultz (2014) brinda un argumento semejante e incorpora los vínculos que estas teorías guardan con el enfoque de sistemas de desarrollo dinámico.

Además de lo ya mencionado, cabrían otras posibilidades, que al parecer han sido poco exploradas (o por lo menos, poco exploradas en lo concerniente a sus nexos con la construcción de nicho). La producción del espacio de Henri Lefebvre (1991) es una de ellas, aunque en las revisiones bibliográficas que han hecho quienes escriben no figuran trabajos que entrelazan estas dos conceptualizaciones. De cualquier manera, instanciaciones del espacio social producido, del que habla Lefebvre, bien cabrían como instanciaciones de construcción de nicho humano. Quizás el hecho de que sea difícil encontrar quien proponga un vínculo estribé en que la propuesta de Lefebvre se ha enfocado más al desarrollo de ciudades, y la de Odling-Smee y colaboradores, en lo tocante al *Homo sapiens*, no ha privilegiado el medio urbano. No obstante, Radding (2012) pormenoriza —desde la perspectiva de la producción del espacio— el desarrollo de la cultura del agave en el norte de México, y el relato (que no se centra en las ciudades) se acopla bien al esquema de la construcción de nicho, aunque la autora no lo ponga de manifiesto.

Si acaso es plausible la relación que se sugiere entonces, por la vía de Lefebvre, el esquema de Odling-Smee y colaboradores se conecta con el marxismo. Quizá no sea ni el único ni el mejor enlace con este gran conglomerado de programas de investigación que deriva de la pluma de Marx. De cualquier manera, el nexo entre el marxismo y la construcción de nicho vale la pena investigarse, pues se antoja pensar que brindaría un poderoso aparato conceptual para comprender la evolución bio-social.

## Conclusión

Hemos hecho un repaso muy general sobre algunos de los aspectos que consideramos centrales para ubicar el evolucionismo como una verdadera concepción global del mundo, se podría decir que como una actitud frente a aquél. Así como la aportación de Copérnico cambió de raíz la manera de situar al ser humano en el universo, así el evolucionismo, encabezado por Lamarck y Darwin, ha logrado sacudir del pensamiento y la acción humana la idea de la fijeza a lo

largo del tiempo, de la eternidad entendida como ausencia de cambio. Esta revolución puede tener un alcance aun mayor, libre o casi libre de mistificaciones y fetichismos. Si esto no ha sucedido aún, ha sido a causa de la presencia de los elementos conservadores arriba mencionados, que siguen atando al evolucionismo (si bien cada vez más débilmente) a una obsesiva (pero irreal) concepción de constancia, de ausencia de movimiento; elementos que quieren anclar la propia evolución a formas estáticas de existencia de la materia, explicarla en última instancia como aquella que la niega: la fijeza. Pero, a la vez, la persistencia de estos elementos es lo que (quizás involuntariamente) ha jugado parcialmente el papel de motor del evolucionismo, dado que no solamente ha generado, sino que lleva contenido el desarrollo de su opuesto: la concepción dinámica materialista. Lo rico y enriquecedor de la actitud evolucionista puede verse como la unidad de esta lucha entre lo ideológico y hegemónico *versus* lo revolucionario y contra-hegemónico. Su movimiento y contradicciones internas son reflejo y base de contradicciones y movimientos en concepciones más amplias, no sólo de las ciencias naturales sino también de las sociales, de la filosofía, de la vida cotidiana, de las relaciones sociales todas; en una palabra, de la cultura. Si hay una teoría científica en la que se condense esta fuerte interpretación de todos estos complejos componentes de la existencia humana, es la teoría de la evolución. Allí radica su fuerza y su ilimitada capacidad explicativa y heurística. ■

## Referencias

- Balzer, W., C. U. Moulines y J. Sneed. *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987.
- Barkow, J. H., L. Cosmides y J. Tooby. *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. Nueva York: Oxford University Press, 1992.
- Buss, D. *The Handbook of Evolutionary Psychology*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.
- Crick, F., et al. «Central dogma of molecular biology.» *Nature* 227, nº 5258 (1970): 561-563.
- Darwin, C. *The Autobiography of Charles Darwin*. Nueva York: Dover, 1958 [1892].
- . *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Vol. 1. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1981 [1871].
- . *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex. Parte I*. Princeton, NJ, 1968 [1871].
- . *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of his Big Species Book Written from 1856 to 1858*. Editado por R. C. Stauffer. Cambridge: Cambridge University Press, 1987 [1856-1858].

- . *The Origin of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964 [1859].
- . Essay of 1844. En *The Foundations of the Origin of Species*. Francis Darwin (Ed.). 2008 [1844]. Dawkins, R. *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976.
- Descartes, R. *Discurso del método*. Madrid: Austral, 1996 [1637].
- . *Los Principios de la filosofía*. Madrid: Alianza Universidad, 1995 [1647].
- Díez, J. A. y C. U. Moulines. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 1999.
- Gissis, S. B. y E. Jablonka (eds.). *Transformations of Lamarckism: From Subtle Fluids to Molecular Biology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- Gould, S. J. y R. C. Lewontin. «The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Program.» *Proceedings of the Royal Society of London B* 205 (1979): 581-598.
- y Vrba. E. S. «Exaptation. A Missing Term in the Science of Form.» *Paleobiology* 8, nº 1 (1982): 4-15.
- Greene, J. C. «Darwin as a Social Evolutionist.» *Journal of the History of Biology*, (1977): 1-27.
- Hodder, I. *Entangled. An Archaeology of the Relationship between Humans and Things*. Malden, Massachusetts y Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.
- Ingold, T. «Beyond Biology and Culture. The Meaning of Evolution in a Relational World.» *Social Anthropology* 12, nº 2 (2004): 209-221.
- . *The Perception of the Environment. Essays on Livelihood, Dwelling, and Skill*. Londres: Routledge, 2000.
- Jablonka, E. y M. Lamb. *Epigenetic Inheritance and Evolution: The Lamarckian Dimension*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- y M. Lamb. *Evolution in Four Dimensions*. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- Kendal, J., J. J. Tehrani y J. Odling-Smee. «Human Niche Construction in Interdisciplinary Focus.» *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B* 366 (2011): 785-792.
- Kimura, M. *Neutralism*. Editado por E. Fox Keller y E. A. Lloyd. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
- . *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- Lakatos, I. *La Metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universidad, 1971.
- Laland, K. N., J. Odling-Smee y M. W. Feldman. «Niche Construction, Biological Evolution, and Cultural Change.» *Behavioral and Brain Sciences* 23 (2000): 131-175.
- Lefebvre, H. *The Production of Space*. Traducido por Donald Nicholosn-Smith.

- Malden, Maryland: Blackwell, 1991.
- Lerner, R. M. *Final Solutions: Biology, Prejudice and Genocide*. University Park, PA: The Pennsylvania State University Press, 1992.
- Levins, R. C. y R. C. Lewontin. «Biology Under the Infuence.» En *Dialectical Essays in Ecology, Agriculture and Health*. Nueva York: Monthly Review Press, 2007.
- \_\_\_\_\_. *The Dialectical Biologist*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- \_\_\_\_\_. «Dialectics and Systems Theory.» En *Dialectical Essays in Ecology, Agriculture and Health*, de R. C. Levins y R.C. Lewontin, 101-124. Nueva York: Monthly Review Press, 2007.
- Lewens, T. «Seven Types of Adaptationism.» *Biology and Philosophy* 24 (2009): 161-182.
- Lewontin, R. C. «Adaptation.» En *The Dialectical Biologist*, de R. Levins y R. C. Lewontin, 65-84. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- \_\_\_\_\_. «Sociobiology as an Adaptationist Program.» *Behavioral Science* 24 (1978): 5-14.
- \_\_\_\_\_. «The Organism as Object and Subject of Evolution.» *Scientia* 118 (1983): 63-82.
- \_\_\_\_\_. *The Triple Helix*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
- Lorenz, K. *Fundamentos de la etología*. Barcelona: Paidós, 1986.
- \_\_\_\_\_. *Sobre la agresión, el pretendido mal*. Madrid: Siglo XXI Editores, 1982 [1963].
- Malthus, R. T. *An Essay on the Principle of Population*. Nueva York: Augustus M. Kelly Publishers, 1971.
- Margulis, L. *El origen de la célula*. Barcelona: Reveté, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Symbiosis and Evolution. Scientific American*. Reimpreso en Life: Origin and Evolution. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1971.
- \_\_\_\_\_. y D. Sagan. *What is Life?*. Londres: Weidenfeld and Nicholson Ltd., 1997.
- Mendel, G. *Versuche über Planzenhybriden*. Abhandlungen. Experiments in Plant Hybridization. 1866, 3-47: <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65.pdf>.
- Muñoz Rubio, J. «On Darwinian Discourse, Part I: Political Economy Naturalized.» *Science as Culture* 8, nº 1 (1999): 47-74.
- \_\_\_\_\_. «On Darwinian Discourse, Part II Re-Anthropologizing Nature by Naturalizing Competitive Man.» *Science as Culture* 8, nº 2 (1999): 171-188.
- \_\_\_\_\_. «Dialéctica y teoría de la evolución: dos concepciones hermanadas». En *Totalidades y complejidades: crítica a la ciencia reduccionista*. Muñoz Rubio J. (Coord.). CEIICH-UNAM, 2014.
- O'Brien, M. J. y K. N. Laland. «Genes, Culture, and Agriculture. An Example of Human Niche Construction.» *Current Anthropology* 53, nº 4 (2012): 434-470.

- Odling-Smee, F. J., K. N. Laland y M. W. Feldman. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- Oparin, A. I. *El origen de la vida*. México: Ediciones de Cultura Popular, 1972 [1938].
- \_\_\_\_\_. «Sobre el origen de las primeras formas de vida.» En *El origen de la vida: Symposium conmemorativo en homenaje a A. I. Oparin*, de Anónimo, 137-144. México: UNAM, 1978.
- \_\_\_\_\_. *El origen de la vida sobre la Tierra*. Madrid: Tecnos, 1973.
- \_\_\_\_\_. *The Origin of Life*. Nueva York: Dover Publications, 1953 [1938].
- Oyama, S. *Evolution's Eye: A Systems View of the Biology-Culture Divide*. Durham: Duke University Press, 2000.
- \_\_\_\_\_. *The Ontogeny of Information: Developmental Systems and Evolution*. Durham: Duke University Press, 2002.
- \_\_\_\_\_, P. E. Griffiths y R. D. Gray. *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- Pearson, K. «On the Laws of Inheritance in Man. On the Inheritance of the Mental and Moral Characters in Man, and its Comparison with the Inheritance of the Physical Characters.» *Biometrika* 3 (1904): 131-190.
- Pinker, S. *How the Mind Works*. Londres: Penguin, 1995.
- Ptacek, M. B. y S. J. Hankison. «The Pattern and Process of Speciation.» En *Evolution: The First Four Billion Years*, de M. Ruse y J. Travis, 177-207. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 2009.
- Radding, C. «The Children of Mayahuel: Agaves, Human Cultures, and Desert Landscapes in Northern Mexico.» *Environmental History* 17 (2012): 84-115.
- Rudwick, M. J. S. «Objetos fósiles.» En *Fundamentos históricos de la biología*, de J. Llorente, R. Ruiz, G. Zamudio y R. Noguera, 201-241. México, DF: UNAM, 2008.
- Schultz, E. «New Perspectives on Organism-Environment Interactions in Anthropology.» En *Entangled Life*, editado por Barker, et al. 79-102. Dordrecht: Springer, 2014.
- Schweber, S. «Darwin and the Political Economists: Divergence of Character.» *Journal of the History of Biology* 13, nº 2 (1980): 195-289.
- \_\_\_\_\_. «The Origin of the Origin Revisited.» *Journal of the History of Biology* 10, nº 2 (1977): 229-316.
- Smith, A. *The Wealth of Nations*. Londres: Everyman's Library, 1954 [1776-1778].
- Sober, E. *Six Sayings About Adaptationism*. Vols. 72-86, en *The Philosophy of Biology*, editado por M. Ruse y D. L. Hull. Oxford: Oxford University Press, 1996 [1998].
- Thornhill, R. y T. C. Palmer. *Una historia natural de la violación: Los fundamentos*

- biológicos de la coerción sexual.* México, DF, 2006.
- Tinbergen, N. *El estudio del instinto.* México, DF: Siglo XXI Editores, 1975 [1951].
- Todes, D. P. *Darwin without Malthus. The Struggle for Existence in Russian Evolutionary Thought.* Oxford University Press. Oxford: Oxford University Press, 1989.
- Watson, J. D. y F. H. C. Crick. «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid.» *Nature* 171 (1953b): 964-967.
- \_\_\_\_\_. «Molecular Structure of Nucleic Acids.» *Nature* 171 (1953a): 737-738.
- Williams, G. C. *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought.* Princeton, NJ: Princeton University Press, 1966.
- Wilson, E. O. *On Human Nature.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- \_\_\_\_\_. *Sociobiology: The New Synthesis.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975.
- Young, R. M. «Darwin's Metaphor. Does Nature Select?» *The Monist* 55 (1971): 442-503.
- \_\_\_\_\_. «Malthus and the Evolutionists: The Common Context of Biological and Social Theory.» *Past and Present* 43 (1969): 109-145.
- \_\_\_\_\_. «The Historiographical and Ideological Context of the Nineteenth Century Debate on Man's Place in Nature.» En *Changing Perspectives in the History of Science*, editado por M. Teich y R. M. Young, 344-438. Reidel Publishing Co, 1973.

Julio Muñoz Rubio\* and Diego Méndez Granados\*\*

## Evolution Theory as a Conceptual Revolution in Our View of the World

WE ARE WITNESSING a period in the study of evolution that tends to break the hegemony of neo-Darwinian thinking that during many decades—from the forties of the previous century—dominated the field of evolution solidly and almost unanimously. We are facing a slow but constant accumulation of evidence and theoretical proposals that refute many central concepts of neo-Darwinism: that natural selection is the only mechanism of evolution, that adaptation is, universally, the process that enables the growth of the most favored populations, that the processes of variation and inheritance always respond to the mechanisms of “hard inheritance” and are always located in those units known as genes, excluding all “soft inheritance” processes. As from a couple of decades ago, a whole range of more or less novel explanations and models are appearing on the scene, and is now beginning to shine. One of the traits of this renewal process, ironically, is that Lamarckian explanations are back in favor, even after their being declared false and forgotten by most of the evolutionist community. Their re-emergence is so impressive that we believe it is fair to talk—for the first time since the triumph of the synthetic theory—not about the theory of evolution (identifying it with the Darwinian and synthetic theories) but about theories of evolution. These are a whole group of theoretical propositions that comprise, somewhat like Imre Lakatos' model (1971), a program of scientific research.

This, of course, doesn't constitute a crisis in evolutionary thinking; far from being the manifestation of any sort of uncertainty concerning our comprehension of the evolution process, it speaks of the vigor and growth of research in this field; it modifies many orthodox notions in science, which frequently defend the point of view that, to explain a process or phenomenon in nature (or society), it is necessary to find one and only one theory, one and only one cause, one and only one mechanism. This notion, that permeated evolutionist explanations, is now in crisis too, and in its place we are offered a whole vista of epistemological

\* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México. **Correo electrónico:** juliomunozr2000@yahoo.es

\*\* Departamento de Ciencias de la Comunicación de la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño en la UAM-Cuajimalpa. **Correo electrónico:** dmendez@correo.cua.uam.mx

plurality that reflects the complexity of the object-subject-system under study in the case of evolution.

We have mentioned the existence of an epistemological plurality that is dominating the evolutionist program; notwithstanding the vigor with which propositions that differ at least partially with Darwinism are being expressed, it is impossible not to take Darwinian thought into account as the most important historical reference in evolutionism.

It can be said that one of the most powerful engines in the Darwinian theory of evolution can be found in an internal tension between what we could call the revolutionary elements of his theory, and the conservative elements, all of which are expressions of existing contradictions in the society and the intellectual and scientific worlds in which Darwin lived.

## **Revolutionary elements**

When we examine the structure of Darwinian evolutionary arguments, we find a series of points that are what makes this theory a highly revolutionary concept. These points are contained in the proof of the existence of evolution and less so in the theory of natural selection: unification of space and time, conception of the world as a series of transitions, materialism and movement (Muñoz Rubio 2014).

### *Common descent principle and bio-geographic problems*

With this principle, Darwin (1964, 111-126; Ptacek and Hanksion 2009) modifies the whole outlook of eighteenth century science, based on a notion of continuous and inevitable linear progress. As he interprets variations in nature as random events, and as there is more than one possibility for variation and for the selection of variants in every moment of history, as what we observe is a divergence in traits starting from a common ancestor, and as no variation is guaranteed success from the beginning, then great biodiversity becomes understandable, and the complexity of the living world becomes the result of evolution as a creative and inventive process. By means of the principle of the common ancestor we explain the existence of similar structures in related but different organisms. Thus, the processes of morphological unity and difference, and bio-geographical processes become perfectly clear, as we observe them from the point of view of a space-time entity, and interpenetrations between the parts and the whole.

In a bio-geographical analysis we observe important Darwinian revolutionary reflections, as they comprise a brilliant analysis of how historical—that is, temporal—events are projected in the spatial dimension. Before

Darwin, probably no explanation about the geographic distribution of species required any elucidation of the intervention of the time factor; organisms were not considered as entities with a history; that is, that they expressed the accumulation of long time periods. With Darwin, geographical distribution of species is transformed into a superposition and profound imbrication of the temporal scale with the spatial one; the first is deployed on a geological and on an individual and population scale, and the second is unfurled both in terms of individual and population habitat, and of geological and planetary space. All these dimensions interpenetrate each other. Each one is explained as a constituent part of the others. The area occupied by a species is its history, the whole of its preconditions and the preparation for its future conditions, all of them considered as possibilities, not predeterminations.

Darwin (1987 [1856-1858]) rejects that climate factors are the principal cause of variations, (Darwin 1987 [1856-1858], 557-558; 1964, 346-347) and offers satisfactory solutions to problems such as the following: Why do some species from different regions share so many similarities? How is it that geographical barriers cause the generation of different species? (Darwin 2008b, 140-142; 1964, 388-406) Why is it that in places without geographical barriers the differences between species are less pronounced than those observed in the floras of different continents? (Darwin 1964, 348) Why do the floras on distant mountain peaks get to be so similar in spite of the distance between them? (Darwin 2008b, 143-146) Practically all the geographic distribution problems are approached from this comprehensive point of view.

### *Morphological and embryological evidence of evolution*

Any search for explanations of everything in the sciences of life must go through an exercise in integration between form and function, admitting both their interpenetration and their simultaneous differentiation. In *The Origin of Species* Darwin poses a series of questions concerning the possible reasons why there are so many cranial bones, of the bony similarities in the formation of different organs in different animals, of the "strange" relationships between the number of legs and the complexity of the mouth of crustaceans, and of the similarities between the patterns of petals, sepals, stamens and pistils, though they may have very different objectives (Darwin 1964, 437).

By means of elucidations such as these, Darwin accounts for the quantitative-qualitative transformations in parts with a common phylum and onto-genetic origin. A wing and a leg can be very similar in their structures but very different in their functions. A difference like this cannot be understood exclusively as a difference in degree or quantity. Both structures are used for motion, but there is a qualitative difference between walking and flying. Nothing in

animal morphology can be explained if not from the point of view of evolution. Transformation over time can satisfy any doubts concerning different functions.

From the time of his *Essay* (Darwin 2008 [1844]) Darwin stressed the unity of type, referring to the chordates, and emphasized that only by considering this unity as the result of a sequence, a process of evolution, and the process itself, can we understand its contrast with the diversity of forms, something that starts in the embryonic state itself (Darwin 2008b, 181), an idea that is reiterated in *The Origin of Species* (Darwin 1964, 449), giving rise to the discovery that ontogeny recapitulates phylogeny, and this is, in turn, a superposition of time scales, an interpenetration of time scales that have been simultaneously interpenetrated by spatial scales; something like a spatial and temporal hyper-interpenetration. It is, in the second place, the superposition of two temporal scales to form a coherent whole, out of a series of events and changes that evolve from quantity to quality in different time spans. This is a completely revolutionary vision in science. It manages to explain, too, the development of the embryo as a journey through forms and structures observed as dialectic discontinuities and leaps, throughout which those forms and structures appear and disappear, in a process of double denial. The unity of type not only isn't lost, but reaffirmed as a dynamic unity, as movement.

### *Variations, species, hybridization and the continuity principle*

The continuity principle establishes that sudden leaps do not exist in nature, and that all the entities in the universe can arrange themselves along a very fine gradient. This is one of the main foundations of the theory of evolution since Lamarck. A dialectical analysis of this principle leads to the discovery that it contains a contradiction: it stands in the way of understanding the world as a whole when it posits that an essence exists in the universe, and that changes that come about in it can only be quantitative; new qualities are not provided for. Darwin committed that mistake when he analyzed human evolution and instinct (Darwin 2008b, 105-119; 1987, 463-527; 1964, 207-244), or the relationship between human beings and superior animals.<sup>1</sup>

But this same principle becomes a valuable tool to understand the whole when nature itself shows us that those fragmentations and divisions into lots that Cartesianism had forced us to look at, don't really exist. The continuity principle doesn't exclude the existence of qualitative leaps, but it does explain that, alongside these leaps, there are continuous transformations, imperceptible to the senses, or those that do not alter the qualities of the factors in the

<sup>1</sup> "Yet, the difference between the mind of a human and that of superior animals, however large it may be, represents a difference in degree, not in class." Darwin (1968 [1871], 105).

system being observed. Changes both in degree and in class can coexist in nature. Darwin offers a good explanation of the combination of these changes with quantitative difference in his analysis of the speciation process that, being a very gradual operation, implies the appearance of numerous variations as a prologue to the formation of species. Darwin finds that it is very difficult to define—following traditional typological methods in biology—when we have a variation, and when a species. Of course, this doesn't apply to all cases, but the number of exceptions is sufficiently significant to arrive at the conclusion that clear cut definitions of species and variation are very hard to arrive at.<sup>2</sup> His all-embracing vision is at odds with the narrow, pre-evolutionist picture. In his drafts for *The Origin of Species* we find a chapter dedicated to this issue (Darwin 1987, 387-462). In one passage he states:

Apart from the extreme difficulty to decide, in some cases, which forms we should catalogue as species and which as variations, we observe that there is such a faint gradient, that goes from absolute sterility to perfect fertility, that it is very hard to draw a line between the two (Darwin 1987, 388).

With this, Darwin approaches a dialectical vision, and begins to break with the traditional typological conception of taxonomy, that had been dominant at least from the times of Carl Linnaeus.

### *Paleontological evidence of evolution*

Scientific study of the fossils that became available as from the fifteenth century (Rudwick 2008, 201-241), was bereft of any vision of spatial and temporal unity and of a relational point of view. This deficiency is perpetuated during all the time during which a fixist, creationist conception of the world held sway. Darwinism's revolutionary thought, once again, contributed a coherent way out of that problem by means of the dynamic whole of space-time.

Darwin establishes a temporal continuity relationship between the different geological strata, meaning that, in his relational analysis, we get to know events in the history of the Earth; he then establishes the existence of a temporal relationship analogous to that between strata, and between the fossils that can be found in each of these strata, and thus proves that there have been changes in the species that have populated the Earth in other times. Finally, he establishes

<sup>2</sup> Post Darwinian development of genetics, ecology and molecular biology, even when they have provided much insight on speciation processes, have encountered many problems, like those described by Darwin himself, to determine clearly the difference between a variation and a species. See, for example, (Ptacek and Hanksion 2009, 177-207).

a correspondence between the ages of the strata and those of the fossils, but unlike any other previous geological or paleontological interpretation, it is presented as a spatial and temporal relationship in flux.

With this analysis of the fossil record Darwin achieves an innovation in scientific thinking: from a simple spatial distribution of artefacts, we move on to a spatial and temporal distribution of ancient organisms. From a description of mysterious objects we move on to a coherent, materialist and real explanation of processes and activities that become comprehensible in the spatial and temporal complex. The Darwinian direction towards integrative, interdisciplinary and totalizing thought is unmistakable.

## **Conservative elements**

However, in working out the theoretical explanation of the phenomenon whose real existence is already proved by biological evolution, Darwin moves away from this highly dynamic concept contained in the evidence we mentioned previously. Without abandoning his materialist conception, Darwin resorts to a series of analytical categories and explanations that originated in political economy.

It is important that this component of evolution theory be treated in certain detail, because Darwin cannot detach himself completely from a misleading and fetishized world-view, entrapped by the fundamental categories of political economy: private property, commodities, money, overpopulation, scarcity, territoriality, benefit, success, selfishness. The principal problem in all this is that Darwin incurs in an ideological fallacy when he incorporates these elements into the central part of his theory; that is, in thinking that the behavior of individuals all over the world is analogous to that of certain human beings living in and off the production-circulation-consumption relationships that are characteristic of capitalism. In other words, he seems to think that these relationships and categories are determined by nature, and therefore eternal and immutable. It is, once again in the history of science, a process that involves imposing a pre-conceived idea upon the reality of the material world; an inversion of the relationship between the knowing subject and the object or system of his study. The knowing subject, in this process, imagines a situation in which perceived reality is stripped of its historical explanation and conceived as if it were the sum total of reality, and as if it were made up of eternal elements. This, that in general leads to the shaping of what is sometimes called "false consciences", is an inconsistent element within the Darwinian theory, as the theory itself is one of continuous and deep change, but it is explained in terms of categories and processes that are deemed to be constant and unchangeable.

One of these elements that has been most comprehensively examined is the

influence of Thomas Malthus' demographic theory. As is well known, Darwin found in the apparent contradiction between population and resources an explanation for the evolutionary process by means of natural selection. Briefly summarized, the Malthusian-Darwinian explanation would read as follows:

1. In the living world, the capacity for growth of populations is much greater than that of resources for their subsistence.
2. This creates a situation of permanent scarcity, more pronounced in some moments than in others, but perpetual.
3. This situation necessarily generates a struggle for the few resources available, and is explained as a "struggle for existence".
4. The individuals best suited for this struggle are the victors, as they are better adapted to the hostile conditions of the environment, and are therefore capable of generating more offspring, in contrast with the weaker and mal-adapted individuals, who will tend to disappear.

Analysis and debate over Malthus' influence on Darwin are extensive (Schweber 1977; 1980; Greene 1977; Todes 1989; Young 1969; 1971; 1973; Muñoz Rubio 1999). The issue is hardly trivial, as Darwin himself said that the reading of Malthus enabled him to conceive his theory of natural selection. It is interesting to note that in his autobiography Darwin mentions that he embarked on that reading "for entertainment" (Darwin 1958 [1892], 42), and for this reason the role played by the British demographer's theory in that of evolution has tended to be minimized on occasion.

It seems highly doubtful, to say the least, that Darwin really read that long and tedious text (Malthus 1971) simply for entertainment, perhaps in a moment of boredom. What really explains the inclusion of Malthusian elements in the Darwinian theory is that Darwin felt strongly identified with Malthus' world view, with the idea that scarcity is permanent, that competitiveness and a war-like and selfish spirit are natural traits in any organism. In fact, it is the same vision, and even though it has been hugely fertile over many decades, that cannot mask its ideological nature (Young 1969; 1971; 1973).

The other influence contributed by political economy comes from Adam Smith (1954 [1776-1778]). Although it isn't explicit in Darwin's work, it cannot be denied. This influence is clear in the Darwinian concept of progress. According to him, who admits from the start that evolution is a progressive process "towards perfection", this progress must be measured as a general trend towards the division of functions in evolution. Adam Smith wrote in *The Wealth of Nations* about a natural tendency towards an increase in the productivity of labor, that has its expression in manufacturing processes. The greater the division of

functions in a manufacturing process of a given article, the greater the speed with which it will be made, and obviously the material wealth will increase (Smith 1954 [1776-1778], vol. I, 4-19), so that, according to Smith, labor invested in manufacturing would be not only the most natural labor possible, as it would correspond with the natural human tendency to trade and barter (and the greater the volume of production, the greater the trade).

Darwin adopts this notion of progress. Even though he doesn't mention Smith explicitly, but refers to von Baer, the origin and transmission of such a notion are obviously Smith's (Darwin 1981 [1871], vol. I, 211). In the world of living beings there exists this tendency to increase the division, or specialization, of functions. It can be observed on two levels: individual, and on a biological community scale. In the first case, we observe the tendency of species to evolve in such a way that individuals develop specialized parts to carry out one, and just one, function; or, at least, that this part should be distinguishable from other body parts. This becomes clear when we analyze the structure of animals and plants known as "superior", in which this "superiority" resides precisely in this division of functions. The other level would involve the division of functions among different species that live in a given geographical area (many of which could possess a certain specialization according to the first criterion). The more divided functions are within a biological community, all the more efficient would be the division of the scarce resources necessary for survival, thus temporarily alleviating the effects of natural selection and the struggle for survival, although this respite would be temporary given the inevitability of the Malthusian law.

Again, the identification of Darwin with the principles of the bourgeois vision, with its competitive and individualist *ethos*, is quite evident.

The third ideological element we find in Darwin is his theory of sexual selection. Here, Darwin explains that it is a subordinate process to, and less severe than natural selection, and that it consists of the struggle of the males for the possession of the females, so that the fittest individuals of both sexes are selected within a given population (Darwin 1964, 87-90). In applying this theory to humans, Darwin naturalizes the active, enterprising, aggressive character of males, and the fundamentally passive and reserved nature of females (Darwin 1981, vol. I, Part II, 253-320; vol. II, Part II, 316-384). This is accompanied by the naturalization of the man/woman, and masculine/feminine binarities; in other words, the assigning of a naturally determined sexual function, emerging from the male/female binarity, to suggest the fundamentally reproductive function of sexuality. All this is far from representing a natural attribute of one sex or the other, but rather an ideological extrapolation of the dominant sexual behavior in the patriarchal Victorian society in which Darwin lived.

The previous paragraphs represent a tight summary of a number of points that—despite having exhibited a truly great heuristic capacity—have survived over the one hundred fifty years since the publication of *The Origin of Species* considered as a sort of domination doctrine, rather than a scientific truth or an approach to such a truth. The triumph of neo-Darwinian visions, that explain evolution exclusively in terms of adaptation, a product of natural selection, itself caused by genetic variability, led to reinforcing the naturalization of these conceptions. Advances in genetics, molecular biology and psychology, that occurred in recent decades, were used in many cases to bolster these ideological-patriarchal-individualist principles.

Neo-Darwinism, also known as “modern synthesis”, resulting from the fusion of Darwin’s theory of natural selection with Mendelian genetics, represented a decisive impulse in the study of biological evolution, and a formidable conceptual and practical achievement in scientific production.

However, we also behold the development of certain lines of study and research marked by considerable reductionism and remarkable vulgarity, especially in all that concerns social behavior of animals, including humans, of course. These lines express clear genocentrism, assigning a genetic base to behavior and naturalizing, once again, values, principles and practices that are distinctive of patriarchal societies and capitalism. Among the fields of knowledge thus developed it is worthwhile mentioning ethology, driven by Konrad Lorenz and Niko Tinbergen (Lorenz 1982 [1963]; Lorenz 1986; Tinbergen 1975 [1951])<sup>3</sup> in the fifties and sixties of the last century; socio-biology, defended by Edward O. Wilson (1975; 1978) and Richard Dawkins (1976), that had its heyday after 1975; and the most recent, evolutionary psychology, from the early nineties to the present, and whose major proponents are Steve Pinker, David Buss, Randy Thornhill, Leda Cosmides, Jerome Barkow and James Tooby, among others (Barkow, Cosmides and Tooby 1995; Thornhill and Palmer 2006). These cases deserve special attention because—due to the disproportionate weight of ideological elements—it is possible to talk about real pseudo-sciences of biological determinism.

### *The struggle of reductionism against totalizing visions*

This rapid description of the major points that cause tension within Darwinist theory is important because it is one of the central factors that has enabled the development of the evolutionist program. Objections to certain contemporaneous expressions concerning the ideology inserted in evolutionism have been

<sup>3</sup> An autor who shows with great eloquence the coincidences between ethology and socio-biology is Lerner (1992).

formulated in many ways. We understand contemporaneous as the evolutionary biology that developed as from 1953 when J. Watson and F. Crick (1953a; 1953b) determined the three-dimensional structure of nucleic acids.

Reductionist expressions in evolutionism are marked by a fetishization (in the Marxist sense of the term) of the units of transmission of genetic information, and by a “neo-preformist” conception of the growth of organisms.

Considering the first point, so called “modern synthesis”—or neo-Darwinian theory of evolution—emerges from the need to understand the precise mechanisms for the transmission of genetic information and variations in this information. In this sense, the work of G. Mendel (1866), is of fundamental importance, as it explains precisely what Darwin never managed to do: How is the information transmitted from one generation to the next?

The principal shortcoming of these “genocentric” explanations is that, on the one part, they conceive these units of genetic transmission as entities that can dispense with all that surrounds them to carry out their functions. That is, nucleic acids and the genes they contain can exist on their own; they do not require any sort of relationship to exist and function, they explain themselves. The highlight of this explanation can be found in the so-called “Central Dogma of Molecular Biology”, proposed by Crick in 1970 in which the transmission of information from DNA to RNA, and thence to a protein is explained as a universal mechanism; but furthermore, it is proposed that there exists a permanent capacity of DNA to self-replicate, to exist on its own (Crick 1970). This is the quintessence of fetishist and fetishized conceptions of the world, that tend to draw a veil that prevents us from knowing the overall picture of the relationships that exist in any phenomenon, and which only take into account that which is simple appearance, considering it as the essence, which is a consistent deficiency of the bourgeois conception of the world.

In using all this to deny external influences on the molecules in the transmission and variation of information, it is accepted that the “essential” units are encapsulated, kept apart from their environment. This is a deficiency intimately linked to what we describe above, because the organism is conceived as totally designed in its genome, that genomes are the organism itself, previously formed. This means that, setting aside all types of relationships, genomes pre-exist the environmental conditions in which they are destined to introduce themselves as individuals, without any fundamental change between the sum of genetic codifications and the individual as such, that this individual is the quantitative projection of his/her genome. If (according to the pan-selectionist conception typical of modern synthesis) the individual is adequately adapted, or not, to the conditions of his/her existence, and therefore capable or not of surviving or of leaving a numerous offspring, this will be determined by those

same conditions, that will be unilaterally imposed on the organism, in total absence of any effective link between them, because organism and environment are on separate paths.

Here we are looking at something more than the influence of René Descartes on evolutionism. It isn't about the work of one isolated person influencing others, it isn't the interaction of theories in the absence of subjects, but the manifestation of a persistent contradiction in bourgeois culture, that seeks and finds dynamic explanations of the world, only to deny them as soon as they cannot be explained according to the categories and values of market economy and patriarchal philosophy, falsely deemed to be natural, and not historical, principles.

In this way, reductionist evolutionism, in separating the organism from its environment, in conceiving individuals or genes as the unit of evolution, is reproducing the hoary custom of trying to understand parts in isolation from the whole, and the whole as the sum of its parts; in other words, the whole as the quantitatively augmented expression of the essential property of the part (Descartes 1995 [1647]; (1996) [1637]). This means a rejection of the possibility that, over time, new characteristics may appear in systems subject to evolution. It also reproduces the old habit of thinking about cause-effect relationships as unitary links, in which the effect is caused by one, and only one, cause, that the effect is produced inevitably after the cause, and that it is always the same. Both these conceptions are rooted in the mechanism of classical physics, and they are excellent and fruitful when it comes to solving the problems of simple, inanimate bodies, but limited when applied to the study of complex systems like organisms and their space-time relationships,

Countering this type of approaches, a trend has been developing—that we could call “counter-hegemonic trend”—that stresses the relationships of living beings rather than their essences. In other words, according to this trend, the study of living beings should be centered on the assessment of the whole, instead of on the “master molecules”, whose mastery or authority is, in fact, in doubt.

A comprehensive review of all these works would require much more space than is available here, but we can quote the most relevant examples and some of their variants.

The works of A. Oparin on the origin of life are worth mentioning, as they are among the first that opposed reductionism in biology (Oparin 1972 [1938]; 1953 [1938]; 1973; 1978). Oparin rejects that this process might have been the result of a merely mechanical addition, in which diverse molecular components assembled spontaneously to form a molecule containing the capacity to transmit information, and thus constituting “the essence of life”. He considers this explanation insufficient, and substitutes it with a model that contemplates the

integration of multimolecular complexes (he calls them “co-pooled”) which act in systems existing in an aqueous medium, but separated from it after the fashion of oil and water. These multimolecular systems with phase separation are, according to Oparin, the most appropriate structures to achieve a totalizing interaction between all the existing elements. The result is not the emergence of one or two molecules with a higher hierarchy over the others (DNA and RNA), but rather a whole group of elements that inter-relate, generating a succession of qualitative leaps.

This is what happens when the naked molecules that exist in the aqueous medium evolve into primitive multi-molecular systems—the probionts, and from there to the eubionts—that is, the first organisms. In all these stages, the quantitative increase of the existing molecules and their interactions lead to the acquisition of certain forms of organization, with principles and rules appropriate to that stage in evolution, which cannot be understood in terms of the rules of the previous level or state. It involves a succession of dialectic negations and self-negations in which new features appear, instead of the simple quantitative expansion conceived as such by philosophical mechanism.

Oparin's criticism to this point of view departs from the demonstration that, without relationships, no entity can develop any function at all, or worse, it doesn't even make any sense to think about it, because its existence makes no sense (just as it makes no sense to think about a whole human being in permanent isolation from all the others). Nucleic acids and their genes require an environment in which their existence makes sense, but if this is so the dominance of this molecule passes from the molecule itself to the process as a whole. This is one of Oparin's most important contributions. This thesis contained explicit or implicitly in his work, will be expressed by other evolutionists in later decades, with more or less independence from his studies.

There are other more up to date expressions of this vision of the whole picture. Lynn Margulis' work on the so-called “Serial Endosymbiotic Theory” (Margulis 1971; 1993; 1997), lays the foundation for the comprehension of evolution, not according to permanent competition and hostility, but to cooperation, that offers one of its clearest examples in the origin of the eukaryotic cell.

Susan Oyama and her Theory of System Development, in which she refutes the contention that the “natural” and the “learned” lead separate existences, and states that both categories should be scrapped, and instead considers integral and inclusive development as the central element in the process of life. Oyama coined the concept of “constructive interaction” to refer to a constant introduction of factors and processes from certain entities in an organism into others, which constitutes a clear dialectical proposition in which the interactions between opposites reach a level that surpasses that of simple, casual and mutual

action, to become a form of construction of a whole living system, which implies integration with its environment (Oyama, Griffiths and Gray 2001; Oyama 2000; 2002).

In mentioning this mode of evolutionary approach, we must stress the work of Richard Levins and Richard Lewontin, in which they apply explicitly and deliberately the dialectical principles taken from Friedrich Engels and Karl Marx (and their Hegelian roots), especially those of the former (Levins and Lewontin 1985; 2007; Lewontin 2000; Levins 2007) Thus, they observe the living world and its evolution from a point of view that opposes reductionism, and proposes the construction of a dialectical vision that contains several dialectical denials and improvements: in the first place, it overcomes and denies reductionism in a relational vision; but, also, it overcomes and denies the relational conception as an “interactionist” notion. In its place, these authors present it as a world of *interpenetrations*; in other words a simultaneous process in which the affirmation of the existence and functions of one component of the living world that we will call “A” (that might be anything from a gene to an ecosystem), that can only be understood in terms of the existence of its counterpart, that is, the component or components that are the negation (ontologically speaking) of “A”; of all those that are “not-A” but, being its negation, its being Other, are its relationality, are its being contained in the Other, being the Other at the same time as denying it. The parts are interpenetrated with themselves and with the whole, thus resolving the ancient problem of whether the whole is the numerical equivalent of the sum of the parts, showing that the whole of simple inanimate systems is not the same as the whole of complex systems like living beings.

Levins and Lewontin show how the concept of interpenetration also leads us to understand how mistaken the adaptationist program really is, when it posits that adaptations are universal consequences of evolution. This notion is rooted in a conception of evolution in which organisms and the environment lead separate existences. Levins and Lewontin criticize this. The latter establishes that what really happens is that a co-construction is generated, both in the organism and the environment, in which both elements are profoundly imbricated; the organism selects its environments, just as these select organisms; the active role of evolution cannot be limited to the environment, leaving the organism in the role of passive object (Lewontin 1983). It is a subject-object relationship in which the roles of one and the other are exchanged and alternated, rejecting the idea that there must be one side of the relationship that is permanently adapting to what the other side—described as always active—is instructing it to do. Furthermore, this thesis of Lewontin’s is a massive argument against strict adaptationism because it denies that there may be pre-existences in nature. Adaptationism avers implicitly that organisms that survive natural selection do

so because they are capable of resolving problems, problems that pre-exist themselves, as if there were a directionality in evolution in which life conditions are established beforehand, or “decided” so that organisms may express the instructions with which they were previously equipped to adapt to an environment whose existence was inexorable.<sup>4</sup>

Finally, as one of the more recent contributions to the criticism of reductionism, we have the work of Eva Jablonka in defense of neo-Lamarckian conceptions (Jablonka and Lamb 1995; 2005; Gissis and Jablonka 2011). (See also Jablonka's article in this issue of *INTERdisciplina*). According to Jablonka's model, neo-Darwinian theses began to crack when they proved incapable of showing the universality of “hard” inheritance and random variation, true pillars of modern synthesis. Without denying the existence of these forms of variation and inheritance, she posits the parallel and/or simultaneous existence of other processes. Some of them, principally epigenetic processes, are still linked to genomes, but autonomized from them and, on the other hand, mediated and directed by environmental conditions. Other evolutionary processes are frankly independent from genomes, as in the case of behavioral, symbolical or cultural evolution. Inheritance here has separated totally from the DNA-RNA-Protein sequence.

The consequences of this Lamarckian resurrection are of course unpredictable. What is clear is that it represents a radical change in the theory of evolution. A change that is seriously undermining many foundations of neo-Darwinian theory. The existence of two theories with simultaneous validity is something that hadn't happened before in the field of biological evolution. It's true that Darwin himself admitted frequently that his theory of natural selection might not be the only valid one, and that cases might be found in which Lamarckian principles could work, but he thought of them as exceptional cases and situations. In the subsequent struggle between Lamarckians and Darwinians, it was the latter who proclaimed that there was only one valid theory, the neo-Darwinian one. The manner of transmission of information was basically the one discovered by G. Mendel, and the mechanism of evolution was based on natural selection, with its necessary adaptations. The rest of the story is marked by the rivalry between the two theories, in which the Lamarckians inevitably lost the battle, because at the time it was quite impossible to dislodge neo-Darwinism as the theory of evolution.

But Jablonka's research and postulates tell a different story: the existence of

<sup>4</sup> For an analysis of adaptationism, consult the following: (Williams 1966; Lewontin 1985; Lewontin 1978; Gould and Lewontin 1979; Gould and Vrba 1982; Lewens 2009; Sober 1996; Kimura 1983; Kimura 1992).

two theories of evolution that had been deemed mutually incompatible, were really quite complementary, as they helped reinforce the evolutionary research program. And they also make it more fruitful; they increase its heuristic capability. Above all, what Jablonka shows is that, when studying complex systems like living beings, the multiplicity of paths, planes, directions of processes, space-time inter-penetration, and organism-environment unity, are so constant and conclusive, that it makes no sense to continue attempting monist explanations and one-to-one cause-effect relations.

Finally, it is worth mentioning that this type of contribution against reductionism is undermining the foundations of what we could call the genocentric, or hard inheritance, model, as the universal mechanism for the transmission of information. Concretely, the universal validity of the DNA-RNA-Protein models of final flow of information are called into question. The same can be said for the genetic determination models based on relations of the one gene-one protein type, the genotype-phenotype relations in which one and the other are fragmented into independent parts that enable the fragmented transmission of information in a system that is always closed, always isolated.

The case of the Central Dogma of Biology we already mentioned is interesting because it shows how reductionist conceptions of the world, with their visible class imprint, are part of the construction of scientific models that are apparently disconnected or independent from ideological, economic or political interests, but that sooner or later are adopted by those with unmistakable involvements of this type. We refer, for example, to the way in which advocates of the agro-biotechnology industry uncritically defend the traditional conception of gene and the Central Dogma of molecular biology, ignoring the growing doubts being expressed about its universal validity.

## Towards the construction of a bio-cultural evolution theory

New developments in evolutionary biology are enabling the construction of a bridge between biological and social sciences. The search for such a bridge is nothing new, as multidisciplinary projects that link aspects of both fields have been in place for some time. Publications like *Human Ecology*, which started publication in 1974, focus precisely on the biological implications of social dynamics and, at the same time, on the social effects derived from transformations in fauna and flora. Cultural materialism and ecological anthropology, from the seventies onwards, and even before, underlined the importance of describing in detail the ecological effects of cultural practices. Ethnobiology, medical anthropology and bio-semiotics are other fields whose study object fuses the social and biological spheres. Irrespective of point of view, however, the processes

involved in the emergence of bio-cultural evolution as a research field, as well as the different theoretical and methodological approaches with which this research is undertaken, require a much longer and detailed examination than can be carried out in this editorial comment. The following lines are limited to discussing recent stances concerning the person/organism dichotomy, on the one part, and reflect about the niche construction theory—at least, in what concerns human beings—in social sciences, particularly anthropology.

Selectionist interpretations of human culture were already present in Charles Darwin's *The Origin of Man*, and provided structure for so-called social Darwinism towards the end of the nineteenth century and the beginning of the twentieth. In fact, from the thirties of the previous century anthropologists like Franz Boas detected a racist undercurrent in these interpretations and rejected explanations of culture from a biological perspective. The independence of cultural dynamics from biological evolution has been, since then, an integrating principle in anthropology (Ingold, 2004; Schultz, 2014; also see Schultz in this edition of *INTERdisciplina* on page 131). It seems odd, then, that now anthropologists (like Ingold and Schultz) should be theorizing on bio-cultural (or biosocial) evolution, from the point of departure of some novel developments in evolutionary biology. What is new in bridge-building between the sciences of life and social studies is not the desire to build them, but in the sort of links that are emerging.

Darwin's theory created a radical new place for humans in nature. While eighteenth century scientists surmised a difference in type between the cognitive capacities of humans and other animals, Darwin proposed that perceived differences were simply of degree. If, in the eighteenth century, the difference between the "savage" and the "civilized" could be explained in terms of uneven development within the same type—the former still need to develop their intellectual potential before they can catch up with the latter—, for Darwin the separation between the two could be very great, but with infinite gradations between them. The difference between the most primitive savage and the most intelligent simian, although it is even greater, exhibits the same cascade of gradations. Anyway, the mental capacity of the former, with all his/her humanity, is closer to superior primates than that of a civilized European. Darwin's prose in the third chapter of *The Descent of Man* leaves little doubt on this matter.

This perspective served colonialist projects aimed at exercising tutelage over peoples deemed savages and, as a justifying argument, civilizing them. But this didn't mean simply educating them, but identifying and segregating the most promising members of the colonized communities and promote that these select few couple and have children because, according to the accepted notion, cognitive capacities are inherited. For example, Darwinian mathematician Karl

Pearson (1904), one of the founders of the journal *Biometrika*, thought that a public education system for the British Empire would be a major influence, over generations, in improving the intelligence of the King's subjects. This result would come about, he argued, not only as a result of teaching, but also as a consequence of the socializing role of the schools. The excesses of the eugenics programs and the emergence of national liberation movements contributed to the demise, after the Second World War, of the approach based on differences in degree of the cognitive capacities among superior primates, human "savages" and "civilized" individuals. The conception that human cognition is of a different type from animal cognition regained ascendancy.

However, as Ingold comments (2004), the rejection of racist arguments, even when it was a fair and necessary achievement, resulted in a conceptual impasse in anthropology: it is accepted that biological evolution served to account for the emergence of humans from their primate ancestry; but, once *Homo sapiens* populated the Earth, behavioral and cognitive variations were circumscribed to the field of culture. Biology relinquished its place to history. Evolution of Humanity, therefore, is conceived in two separate stages: one in which evolution by natural selection and modification of descendants determines the scaffolding and organic—morpho-physiological—substrate that underpins the superior mental capacities that all humans possess or can develop, and another stage in which these capacities are deployed in cultural practices and constructions. Once the issue had been stated thus, the threshold between the first and second stages became the recipient of special attention as a study object. However, it is an object to which we no longer have access, given that it has receded into a distant past, and all that is left to us is to investigate a present day surrogate and identify or reveal those (essential) qualities that, plausibly, might be projected into the past, as if they too were characteristics of that threshold moment. Many studies about hunter-gatherer groups of the present are performed with this objective in mind: considered with some irony, it could be said that anthropology has its own "model organisms".

Keeping the duality of the cultural sphere *versus* the biological is useful for marking out disciplinary fields, but if what we really pursue is an integral understanding of human life, it generates more problems than it solves. Human beings are both social and biological: persons and organisms. Instead of retaining the dichotomy, wouldn't it be better to generate another concept of person that embraces and fuses experiential and ontogenetic development? This type of change in perspective places the person in a field of social interaction—that is, of inter-subjective relationships, be they face-to-face or mediated by cultural devices—and conceives him/her as an entity made up of diverse trajectories (psychological, emotional, physiological, communicative, socializing) leading

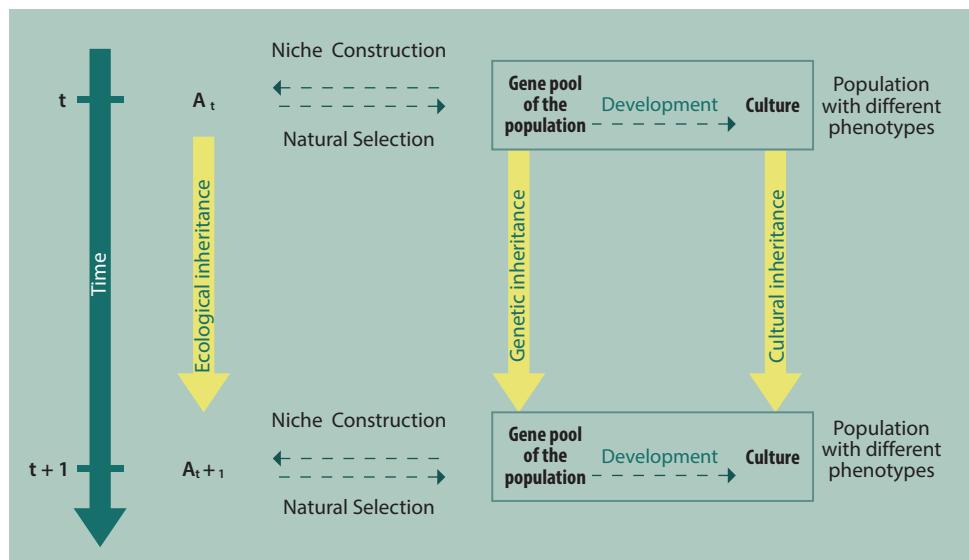
to maturation and growth. The person becomes, then, a developing node, within a dynamic relational field, that changes in sync with the development of the node (Ingold 2000, 4).

## Niche construction

The concerted deployment of the living being and its environment occupies a central role in the theory of niche construction (Laland *et al.* 2000; Odling-Smee *et al.* 2003; Kendall *et al.* 2011; O'Brien and Laland 2012), a theory linked to the evolution of development. According to this line of reasoning, the environment is no longer a mere external instance that influences the life cycle of the organism, nor a medium made up of biotic and abiotic factors in which that organism lives. It is posited that the activities of the organism contribute to modelling the environment in which it lives; that is, it participates in the construction of its own environment. Now, in the interpretation of the so-called modern synthesis, the environment establishes the selective pressures that limit or enable the reproduction and survival of the organism in question; the interesting part, from the perspective of niche construction, is that when it modifies and participates in the construction of its environment, the organism also modifies the selective pressures that are exerted upon it. Furthermore, the constructed niche is inherited by later generations, like a sort of patrimony that is bestowed upon a certain group of descendants. This ecological inheritance—as it is known—complements the genetic inheritance.

Concerning *Homo sapiens*, activities directed at building the human environment comprise cultural practices related to the production of food, clothes and shelter, but they also include activities linked to learning and teaching, symbolic production and the establishment of institutions and norms. Therefore, various inheritances are operating: that which concerns genetic transmission, the inheritance of the anthropogenic landscape and its resources, and the legacy of symbolic culture (figure 1 shows a diagram of this).<sup>5</sup> Given its conceptual architecture, niche construction theory can contribute to the creation of an interdisciplinary research field in which social and biological scientists converge. This does not mean, however, that this space already exists and that we only have to occupy it; we must stress possible inter-theoretical links between this conceptualization of the niche and theories that have emerged from social

<sup>5</sup> Emily Schultz's contribution to this issue of *INTERdisciplina* points out that in later formulations of the theory, cultural inheritance was included in ecological inheritance. She stresses the convenience, from the point of view of social sciences, of maintaining a three-sided conception of inheritance, as is shown in Figure 1.



**Figure 1.** Prepared on the basis of Laland *et al.*, (2000).  $A_t$  and  $A_{t+1}$  correspond, respectively, with the environment in time  $t$ , and the environment in time  $t + 1$ .

sciences, thus determining a more robust conceptual framework to guide interdisciplinary work.

O'Brien and Laland (2012) discuss the pertinence of the niche construction theory *vis à vis* the origins of agriculture and cattle raising. They highlight diverse models of niche construction and their effects upon cultural/social and biological aspects of human populations. It could well be the case, they argue, that the modified set of selective pressures could have a bearing on one aspect or the other, or maybe on both simultaneously. For example, the modification of human habitat may give rise to illnesses that were not frequent previously. Maybe a cultural innovation, let's say, the discovery of an effective medicine, is enough to counteract the illnesses that emerged from the structural change of the anthropogenic landscape, in such a way that this selective pressure doesn't affect the biological constitution of the population. Thus, the effect of niche construction only causes a cultural change. But it could also happen that the appropriate cultural innovation doesn't occur, or that it is insufficient, in such a way that the presence of this or that illness has effects on the frequency of genes in the human population. With the advent of several generations, one or several genes that confer resistance to the illness in question become fixed among a majority of the members of the group.

What are really interesting about O'Brien and Laland (2012) are some of the

comments made by a group of guest readers, many of them extracted from the social sciences.<sup>6</sup> Here is where the possibilities of interdisciplinary bridges can be perceived better. Some of these commenting readers (Kim Sterelny, for example) point out that the examples cited in the article (resistance to lactose among milk-consuming shepherds, resistance to malaria among peasants in Western Africa) illustrate cases in which the connections between cultural change, phenotypic change and genotypic change are more or less direct and non-problematic. The effects on populations and genotypes of many other cultural innovations are not so clear, although the modification that these caused in selective pressures exerted on the human group in question could be quite evident (think in terms of clothing). On the other hand, the examples presented by O'Brien and Laland do not take into account the role played by entities that regulate collective labor (states, religious organizations, etc.), or resistance evoked against their dictums, in the construction of the anthropogenic environment, in the preservation or alteration of cultural traditions and in the invention of devices. It is necessary, therefore, that the theory presented should incorporate more possibilities of the human agency than those included in mere environmental engineering (comment by Agustín Fuentes). It would be desirable to give more weight to the effects of the division of labor, as well as conflicts between social groups with diverging interests.

Among the social theories proposed as complementary and enriching to the niche construction theory, the actor network theory described by Bruno Latour (Hodder 2010; Schultz 2014) is worth mentioning. But we must highlight that the link is proposed in an exploratory sense, to the extent of subordinating it to some conceptions of the social scientist in question. Thus, from the field of archaeology, Hodder (2010) develops a proposal concerning material culture, which concedes the nature of agency to objects. What he wants to bring to the fore is how humans depend on objects, objects depend on other objects, objects depend on humans, and humans depend on other humans. He calls all this skein of relationships *entanglement*, and he avers that this conceptual framework can embrace and accommodate the theories of niche construction and actor network. Schultz (2014) offers a similar reasoning and incorporates the links these theories exhibit with the dynamic development systems approach.

Apart from the already mentioned, there are other possibilities, which seem to have been explored very little (at least concerning their ties to niche construction). Henri Lefebvre's construction of space (1991) is one of them,

<sup>6</sup> The article was published in *Current Anthropology*. This journal makes a habit of including, together with the principal article, the comments on the text formulated by a group of guest readers.

although the authors of this editorial comment were unable to find works that link these two conceptions during their bibliographic search. Anyway, instances of social space production described by Lefebvre could well be considered instances of human niche construction. Perhaps the difficulty in finding authors who propose this link can be traced to the fact that Lefebvre focuses eminently on the development of cities, while Odling-Smeed and his colleagues haven't stressed the urban environment when referring to *Homo sapiens*. Notwithstanding, Radding (2012) describes in detail—from the point of view of the production of space—the development of agave culture in the North of Mexico, and this account (which is not centered on cities) is well suited to the pattern of niche construction, although the authoress doesn't underline this fact.

If the suggested link is plausible, then the pattern created by Odling-Smeed and his colleagues is linked to Marxism by way of Lefebvre. It may not be the only connection, nor the best one, with this great conglomerate of research programs that have emerged from Marx's pen. Anyway, the tie between Marxism and niche construction is worth exploring, as it could offer us a powerful conceptual device for understanding biosocial evolution.

## Conclusion

We have produced a very general review of some of the aspects we consider central to establishing evolutionism as a truly global conception of the world; we could consider it an attitude before the world. Just as Copernicus' contribution radically changed the manner in which we locate humans in the Universe, similarly evolutionism, headed by Lamarck and Darwin, has managed to banish from human thought and action the idea of fixity in time, of eternity understood as absence of change. This revolution could achieve an even greater scope, free or almost free of mystification and fetishism. If this has not happened yet, it is due to the presence of the conservative elements already mentioned, who still tie evolutionism (ever more weakly) to an obsessive (but unreal) conception of permanence, absence of movement; these same elements would like to anchor evolution itself to static forms of existence of matter, explain it ultimately as that which denies it: fixity. But at the same time the persistence of these elements is what (maybe involuntarily) has played a partial role as engine for evolutionism, given that it has not only generated, but also carries in itself the development of its opposite: the dynamic materialist conception. What is rich and enriching in the evolutionist attitude can be seen as the unity of this struggle between the ideological and hegemonic *versus* the revolutionary and counter-hegemonic. Its movement and internal contradictions are at once a reflection and a base for contradictions and movements in broader conceptions, not only

in the natural, but also in the social sciences, philosophy, everyday life, the gamut of social relations; in a single word, culture. If there is a scientific theory that condenses this strong interpretation of all these complex components of the human essence, it is evolution theory. There lies its power and its unlimited explanatory and heuristic capacity. □

## References

- Balzer, W., C. U. Moulines, and J. Sneed. *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987.
- Barkow, J. H., L. Cosmides, and J. Tooby. *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. New York: Oxford University Press, 1992.
- Buss, D. *The Handbook of Evolutionary Psychology*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.
- Crick, F., et al. «Central dogma of molecular biology.» *Nature* 227, nº 5258 (1970): 561-563.
- Darwin, C. *The Autobiography of Charles Darwin*. New York: Dover, 1958[1892].
- . *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Vol. 1. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1981 [1871].
- . *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex. Parte I*. Princeton, NJ, 1968 [1871].
- . *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of his Big Species Book Written from 1856 to 1858*. Edited by R. C. Stauffer. Cambridge: Cambridge University Press, 1987 [1856-1858].
- . *The Origin of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964 [1859].
- . Essay of 1844. In *The Foundations of the Origin of Species*. Francis Darwin (Ed.). 2008 [1844].
- Dawkins, R. *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976.
- Descartes, R. *Discurso del método*. Madrid: Austral, 1996 [1637].
- . *Los principios de la filosofía*. Madrid: Alianza Universidad, 1995 [1647].
- Díez, J. A., and C. U. Moulines. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 1999.
- Gissis, S. B., and E. Jablonka (eds.). *Transformations of Lamarckism: From Subtle Fluids to Molecular Biology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- Gould, S. J. and R. C. Lewontin. «The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Program.» *Proceedings of the Royal Society of London B* 205 (1979): 581-598.
- . and Vrba. E. S. «Exaptation. A Missing Term in the Science of Form.» *Palaeobiology* 8, nº 1 (1982): 4-15.

- Greene, J. C. «Darwin as a Social Evolutionist.» *Journal of the History of Biology*, (1977): 1-27.
- Hodder, I. *Entangled. An Archaeology of the Relationship between Humans and Things*. Malden, Massachusetts and Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.
- Ingold, T. «Beyond Biology and Culture. The Meaning of Evolution in a Relational World.» *Social Anthropology* 12, nº 2 (2004): 209-221.
- . *The Perception of the Environment. Essays on Livelihood, Dwelling, and Skill*. Londres: Routledge, 2000.
- Jablonka, E., and Lamb. M. *Epigenetic Inheritance and Evolution: The Lamarckian Dimension*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- , and M. Lamb. *Evolution in Four Dimensions*. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- Kendal, J., J. J. Tehrani, and J. Odling-Smee. «Human Niche Construction in Interdisciplinary Focus.» *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B* 366 (2011): 785-792.
- Kimura, M. *Neutralism*. Edited by E. Fox Keller and E. A. Lloyd. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
- . *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- Lakatos, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universidad, 1971.
- Laland, K. N, J. Odling-Smee, and M. W. Feldman. «Niche Construction, Biological Evolution, and Cultural Change.» *Behavioral and Brain Sciences* 23 (2000): 131-175.
- Lefebvre, H. *The Production of Space*. Translated by Donald Nicholson-Smith. Malden, Maryland: Blackwell, 1991.
- Lerner, R. M. *Final Solutions: Biology, Prejudice and Genocide*. University Park, PA: The Pennsylvania State University Press, 1992.
- Levins, R. C., and R. C. Lewontin. «Biology Under the Influence.» In *Dialectical Essays in Ecology, Agriculture and Health*. New York: Monthly Review Press, 2007.
- . *The Dialectical Biologist*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- . «Dialectics and Systems Theory.» In *Dialectical Essays in Ecology, Agriculture and Health*, by R. C. Levins and R.C. Lewontin, 101-124. New York: Monthly Review Press, 2007.
- Lewens, T. «Seven Types of Adaptationism.» *Biology and Philosophy* 24 (2009): 161-182.
- Lewontin, R. C. «Adaptation.» In *The Dialectical Biologist*, by R. Levins and R. C. Lewontin, 65-84. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- . «Sociobiology as an Adaptationist Program.» *Behavioral Science* 24 (1978): 5-14.

- \_\_\_\_\_. «The Organism as Object and Subject of Evolution.» *Scientia* 118 (1983): 63-82.
- \_\_\_\_\_. *The Triple Helix*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
- Lorenz, K. *Fundamentos de la etología*. Barcelona: Paidós, 1986.
- \_\_\_\_\_. *Sobre la agresión, el pretendido mal*. Madrid: Siglo XXI Editores, 1982 [1963].
- Malthus, R. T. *An Essay on the Principle of Population*. New York: Augustus M. Kelly Publishers, 1971.
- Margulis, L. *El origen de la célula*. Barcelona: Reverté, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Symbiosis and Evolution. Scientific American*. Reprinted in Life: Origin and Evolution. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1971.
- \_\_\_\_\_. and D. Sagan. *What is Life?*. London: Weidenfeld and Nicholson Ltd., 1997.
- Mendel, G. *Versuche über Planzenhybriden*. Abhandlungen. Experiments in Plant Hybridization. 1866, 3-47: <http://www.esp.org-foundations/genetics/classical/gm-65.pdf>.
- Muñoz-Rubio, J. «On Darwinian Discourse, Part I: Political Economy Naturalized.» *Science as Culture* 8, nº 1 (1999): 47-74.
- \_\_\_\_\_. «On Darwinian Discourse, Part II Re-Anthropologizing Nature by Naturalizing Competitive Man.» *Science as Culture* 8, nº 2 (1999): 171-188.
- \_\_\_\_\_. «Dialéctica y teoría de la evolución: dos concepciones hermanadas». In *Totalidades y complejidades: crítica a la ciencia reduccionista*. Muñoz Rubio J. (Coord.). CEIICH-UNAM, 2014.
- O'Brien, M. J., and K. N. Laland. «Genes, Culture, and Agriculture. An Example of Human Niche Construction.» *Current Anthropology* 53, nº 4 (2012): 434 -470.
- Odling-Smeel, F. J., K. N. Laland, and M. W. Feldman. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- Oparin, A. I. *Oparin*. Mexico City: Ediciones de Cultura Popular, 1972 [1938].
- \_\_\_\_\_. «Sobre el origen de las primeras formas de vida.» In *El origen de la vida: Symposium conmemorativo en homenaje a A. I. Oparin*, by Anónimo, 137-144. Mexico City: UNAM, 1978.
- \_\_\_\_\_. *El origen de la vida sobre la Tierra*. Madrid: Tecnos, 1973.
- \_\_\_\_\_. *The Origin of Life*. New York: Dover Publications, 1953 [1938].
- Oyama, S. *Evolution's Eye: A Systems View of the Biology-Culture Divide*. Durham: Duke University Press, 2000.
- \_\_\_\_\_. *The Ontogeny of Information: Developmental Systems and Evolution*. Durham: Duke University Press, 2002.
- \_\_\_\_\_, P. E. Griffiths, and R. D. Gray. *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- Pearson, K. «On the Laws of Inheritance in Man. On the Inheritance of the Mental

- and Moral Characters in Man, and its Comparison with the Inheritance of the Physical Characters.» *Biometrika* 3 (1904): 131-190.
- Pinker, S. *How the Mind Works*. London: Penguin, 1995.
- Ptacek, M . B., and S. J. Hanksion. «The Pattern and Process of Speciation.» In *Evolution: The First Four Billion Years*, by M. Ruse and J. Travis, 177-207. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 2009.
- Radding, C. «The Children of Mayahuel: Agaves, Human Cultures, and Desert Landscapes in Northern Mexico.» *Envirnomental History* 17 (2012): 84-115.
- Rudwick, M. J. S. «Objetos fósiles.» In *Fundamentos históricos de la biología*, by J. Llorente, R. Ruiz, G. Zamudio and R. Noguera, 201-241. Mexico City: UNAM, 2008.
- Schultz, E. «New Perspectives on Organism-Environment Interactions in Anthropology.» In *Entangled Life*, edited by Barker, et al. 79-102. Dordrecht: Springer, 2014.
- Schweber, S. «Darwin and the Political Economists: Divergence of Character.» *Journal of the History of Biology* 13, n° 2 (1980): 195-289.
- . «The Origin of the Origin Revisited.» *Journal of the History of Biology* 10, n° 2 (1977): 229-316.
- Smith, A. *The Wealth of Nations*. London: Everyman´s Library, 1954 [1776-1778].
- Sober, E. *Six Sayings About Adaptationism*. Vols. 72-86, in *The Philosophy of Biology*, edited by M. Ruse and D. L. Hull. Oxford: Oxford University Press, 1996 [1998].
- Thornhill, R., and T. C. Palmer. *Una historia natural de la violación: Los fundamentos biológicos de la coerción sexual*. Mexico City, 2006.
- Tinbergen, N.. *El estudio del instinto*. Mexico City: Siglo XXI Editores, 1975 [1951].
- Todes, D. P. *Darwin without Malthus. The Struggle for Existence in Russian Evolutionary Thought*. Oxford University Press. Oxford: Oxford University Press, 1989.
- Watson, J. D., and F. H. C. Crick. «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid.» *Nature* 171 (1953b): 964-967.
- . «Molecular Structure of Nucleic Acids.» *Nature* 171 (1953a): 737-738.
- Williams, G. C. *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1966.
- Wilson, E.O. *On Human Nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- . *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975.
- Young, R. M. «Darwin's Metaphor. Does Nature Select?» *The Monist* 55 (1971): 442-503.
- . «Malthus and the Evolutionists: The Common Context of Biological and Social Theory.» *Past and Present* 43 (1969): 109-145.

———.«The Historiographical and Ideological Context of the Nineteenth Century Debate on Man's Place in Nature.» In *Changing Perspectives in the History of Science*, edited by M. Teich and R. M. Young, 344-438. Reidel Publishing Co, 1973.

José Dávila-Velderrain\* y Elena Álvarez-Buylla Roces\*\*

## Esquemas de causación lineales en biología postgenómica: la subliminal y conveniente suposición del mapeo uno a uno entre genotipo y fenotipo

**Resumen** | En este ensayo cuestionamos la validez de algunos supuestos básicos en biología molecular y evolución sobre la base de datos experimentales recientes y a través de los lentes de las perspectivas no lineal y de sistemas. Enfocamos nuestra discusión sobre dos fundamentos bien establecidos de la biología: el flujo de información en biología molecular (es decir, su dogma central), y el paradigma de la vía de señalización “causal” lineal. Según ambos paradigmas, la suposición subliminal de un mapeo genotipo-fenotipo (one-to-one genotype-phenotype mapping GPM) uno a uno constituye una hipótesis de trabajo subyacente en muchos casos. Preguntamos si esto es empíricamente sostenible en el marco de la biología postgenómica. Llegamos a la conclusión de que, cuando se asume el concepto de redes complejas y procesos dinámicos en el comportamiento celular —un punto de vista que ahora ha sido validado empíricamente— ya no puede sostenerse el mapeo uno a uno. Ofrecemos la hipótesis que semejante suposición subliminal y a veces explícita debe sostenerse, hasta cierto punto, porque es conveniente para la apropiación privada y el mercadeo de los descubrimientos científicos. Sería de esperar que nuestra discusión contribuya a allanar la transición en curso hacia una biología de sistemas más integradora, explicativa, cuantitativa y multidisciplinaria. Esta última, a su vez, rendirá probablemente desarrollos médicos y agrícolas más preventivos y sustentables, respectivamente, que un enfoque reduccionista.

61

### *Linear Causation Schemes in Post-genomic Biology: The Subliminal and Convenient One-to-one Genotype-Phenotype Mapping Assumption*

**Abstract** | In this essay we question the validity of basic assumptions in molecular biology and evolution on the basis of recent experimental data and through the lenses of a systems and nonlinear perspective. We focus our discussion on two well established foundations of biology: the flow of information in molecular biology (i.e. the central dogma of molecular biology) and the “causal” linear signaling pathway paradigm. Under both paradigms the

---

\* Instituto de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: jdjosedavila@gmail.com

\*\* Centro de Ciencias de la Complejidad-Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: eabuylla@gmail.com

subliminal assumption of a one-to-one genotype-phenotype mapping (GPM) constitutes an underlying working hypothesis in many cases. We ask if this is empirically sustainable in post-genomic biology. We conclude that, when embracing the notion of complex networks and dynamic processes governing cellular behavior—a view now empirically validated—one-to-one mapping can no longer be sustained. We hypothesize that such subliminal and sometimes explicit assumptions may be upheld, to a certain degree, because they are convenient for the private appropriation of scientific discoveries. Hopefully, our discussion will help smooth the undergoing transition towards a more integrative, explanatory, quantitative and multidisciplinary systems biology. The latter will likely also yield more preventive and sustainable medical and agricultural developments, respectively, than a reductionist approach.

**Palabras clave** | biología postgenómica – mapeo genotipo-fenotipo – determinismo genético – flujo de información genética

**Keywords** | post-genomic biology – genotype-phenotype mapping – genetic determinism – flow of genetic information

## Introducción

LA PRÁCTICA DE LA CIENCIA surge, en su mayor parte, de los consensos. El progreso científico, sin embargo, también está sostenido por el desafío continuo a las ideas aceptadas. De tanto en tanto se producen rupturas de acuerdos tácitos, y entonces —dicen algunos— ocurre una transición, un llamado cambio de paradigma (Kuhn 2012). En las últimas décadas, varios autores han venido discutiendo la posibilidad de un cambio de paradigma en biología, dada la aparente crisis de algunos de sus principios fundacionales (Wilkins 1996; Strohman 1997; O'Malley y Boucher 2005). En este trabajo, en cambio, nos interesa transmitir que una gran proporción de la investigación biológica aceptada asume subliminalmente ciertas suposiciones que, en esta época postgenómica, son empíricamente insostenibles. Algunas de estas suposiciones están tan profundamente arraigadas que todavía impregnán el diseño, la interpretación y la descripción de una amplia gama de investigaciones biológicas a nivel molecular aunque, si se le enfrentara directamente con el tema, cualquiera les restaría importancia. De manera rutinaria buscamos mutaciones simples “causales”, responsables de fenotipos complejos y suponemos que, encontrando la base molecular de una mutación correlacionada con una condición particular, ya hemos explicado el surgimiento de esta última. Lo importante de esto es que esta lógica da por hecho que en la mayoría de los casos una relación de uno-a-uno será posible. Por extensión de estas suposiciones definimos las vías de señalización como entidades

autónomas que ordenan a la célula cómo debe comportarse bajo una determinada condición. Si surge una conducta patológica, buscamos la fuente de unas instrucciones incorrectas: el componente o la vía mutada. Automáticamente interpretamos cualquiera manifestación de un rasgo *aprendido*, por ejemplo, la resistencia a un fármaco, como la consecuencia de los principios de optimización de la adaptación (darwiniana) por medio de mutación y selección “aleatorias”. Este sesgo recurrente hacia las explicaciones *ad hoc* ¿se basa solamente en la plausibilidad dada por la evidencia, o es una simple consecuencia de una tradición ingenuamente heredada? Consideraremos que la presentación explícita de algunas de las suposiciones mencionadas, a la luz de información empírica postgenómica, y a través del lente de una perspectiva no lineal, de la biología de sistemas, podrá contribuir a aclarar esta cuestión. Esto puede resultar de utilidad para los estudiantes de biología actuales y para aquellos científicos interesados en la investigación multidisciplinaria.

Un primer desvío necesario: ¿qué queremos decir con biología postgenómica? La disponibilidad de secuencias genómicas completas (y también transcriptomas, proteomas, metabolomas, etc.) impactó obviamente la investigación en biología, posibilitando nuevos niveles de interrogación, además de desenmascarar nuevas fuentes de apoyo (o rechazo) empírico para otros hechos hasta entonces supuestos. En nuestro caso, sin embargo, además del acceso a datos provenientes de toda la amplitud del genoma, también incluimos en el término *postgenómico* varios rasgos que caracterizan a la biología moderna: 1) abundancia de datos moleculares experimentales, 2) acceso a maneras sistemáticas para caracterizar estados fenotípicos celulares; y 3) una tendencia a generar datos cuantitativos y a formular modelos matemáticos/computacionales. En consecuencia, desde nuestro punto de vista la *biología postgenómica* es necesariamente multidisciplinaria, integradora, formal y cuantitativa.

## La suposición más básica e ingenua: el GPM uno a uno

En la actualidad es común pensar en la relación entre genotipos y fenotipos en términos de algún tipo de mapeo complejo (Kauffman 1993; Mendoza y Álvarez-Buylla 1998; Wagner y Zhang 2011; 2014; Ho y Zhang 2014). Se puede seguir el rastro del concepto de un “mapa genotipo-fenotipo” hasta Alberch, quien propuso elegantemente un modelo basado en los principios de la dinámica de sistemas para expresar las limitaciones de lo que algunos llaman *determinismo genético*, es decir la suposición de que los genes determinan directamente los fenotipos (Alberch 1991). Sería igualmente limitado adoptar un *determinismo epigenético*. Cabe destacar que una suposición tan centrada en el gen como determinante absoluto constituye la base de las frecuentemente citadas metáforas

de “plano genético” o “programa genético” (Pigliucci 2010). Más aun, también implica una relación lineal entre genotipos y fenotipos; en otras palabras, un mapeo uno a uno. Este modelo simplista es atractivo, ya que abarca naturalmente una interpretación de causa y efecto, lo que lo hace intuitivamente interesante. Pero si reflexionamos sobre esta suposición de que *un genotipo genera específicamente un fenotipo particular*, tenemos que enfrentar el problema de cómo un punto de vista tan simplista puede cuadrar con cualquier observación. No obstante, este modelo uno a uno sigue siendo la base de la mayoría de los pro-

gramas aceptados de desarrollo biomédico o biotecnológico (como, por ejemplo, los cultivos transgénicos).

*También incluimos en el término postgenómico varios rasgos que caracterizan a la biología moderna: 1) abundancia de datos moleculares experimentales, 2) acceso a maneras sistemáticas para caracterizar estados fenotípicos celulares, y 3) una tendencia a generar datos cuantitativos y a formular modelos matemáticos/computacionales. En consecuencia, desde nuestro punto de vista la biología postgenómica es necesariamente multidisciplinaria, integradora, formal y cuantitativa*

Un segundo desvío necesario: ¿cuáles genotipo y fenotipo? En la epistemología de la evolución y la biología, en general, es común hablar de genotipo y fenotipo como si fueran términos absolutos. Pero dichos términos pueden ser definidos en diferentes niveles y, en la práctica, las distinciones entre genotipo y fenotipo son apenas parciales y dinámicas (Lewontin 2011). En la biología postgenómica esta distinción se apoya comúnmente en el uso de modelos sencillos de GPM (véase, por ejemplo, Soyer 2012). En consecuencia, hay más de un tipo de genotipos y fenotipos. Un modelo GPM puede ser especificado de diferentes maneras. Para los propósitos de este ensayo establecemos que el genotipo estará representado por una red reguladora de genes (GRN gene regulatory network), y los fenotipos por un perfil o configuración de expresión de genes.

No obstante, vale la pena notar que en la época actual de secuenciación de la próxima generación (NGS next-generation-sequencing) y la biología de la célula individual, la caracterización empírica de genotipos completos de células individuales se está volviendo factible. Por desgracia, tanto por razones conceptuales como técnicas, no puede decirse lo mismo de los fenotipos, aunque se estén desarrollando algunas estrategias fenotípicas sistemáticas específicas (véase, por ejemplo, Houle *et al.* 2010; Hancock 2014).

## El mapeo genotipo-fenotipo uno a uno y el dogma central

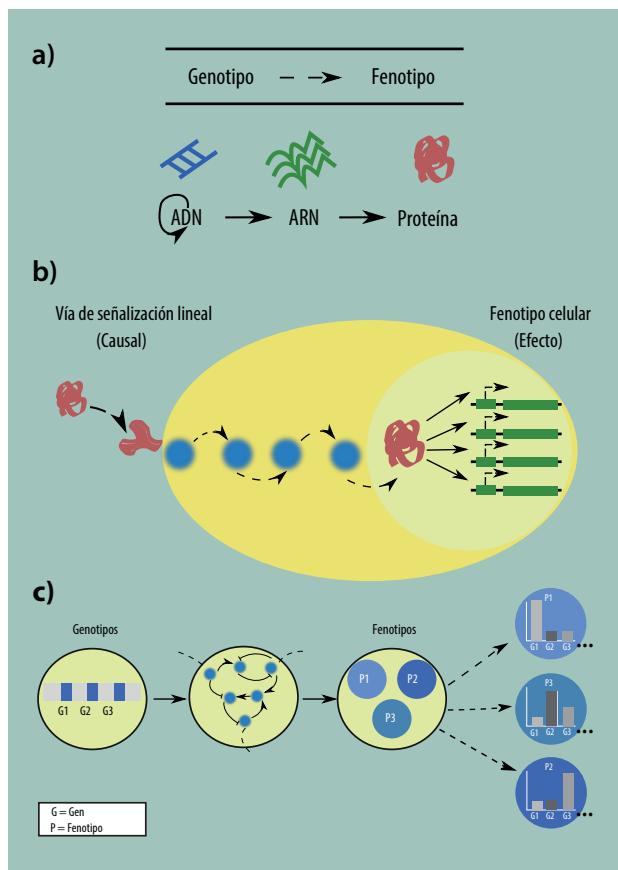
Crick declaró por primera vez el “dogma central de la biología molecular” en 1958, que luego fue reiterado una vez más en 1970 (Crick 1958, 1970). En términos sencillos el *dogma* asevera que la información fluye al interior de las células del ADN al ARN y de ahí a las proteínas; como resultado se determina el fenotipo celular (Shapiro 2009).

Las simplificaciones involucradas en este modelo ya han sido cuestionadas desde un punto de vista de la información, concluyendo que descubrimientos realizados en las últimas décadas han hecho que el dogma sea insostenible (Shapiro 2009). En lugar de esto, nos enfocaremos sobre el papel consolidado del dogma en relación con lo que se refiere al esquema de causación de fenotipos moleculares, lineal y unidireccional, que se ha adoptado de manera implícita. Según una interpretación explícita del dogma, un gen codifica para una proteína, que de alguna manera determina un rasgo observable (es decir, un fenotipo). Esta visión simplista puede enmarcarse de manera efectiva en un modelo de GPM uno a uno (véase figura 1a). ¿Cómo definimos un fenotipo? Aquí se asigna un fenotipo a una molécula, una proteína, porque se dice que tiene una *función*. Esta función debería ser entonces una característica observable de la célula (organismo). Por lo tanto, el primer GPM uno a uno por discutir sería: un gen (es decir, el genotipo) codifica para una proteína que lleva a cabo una función específica que determina una característica observable (es decir, el fenotipo).

## ¿Es empíricamente sostenible en biología postgenómica este modelo uno a uno (gen-función)?

La primera dificultad que se nos ocurre es de naturaleza conceptual. ¿Qué significa *función*? Definir una función en biología no es un asunto menor (Huang 2000; Huneman 2013; Brunet y Doolittle 2014; Doolittle *et al.* 2014). En primer lugar, la asignación de funciones se le puede encargar a entidades a niveles diversos de la organización molecular, tales como gen, proteína, dominio de proteína, complejo de proteínas o vía (Huang 2000). En años recientes, investigadores en las áreas de genómica y epigenómica hasta abogan por el mapeo de funciones a nivel de genoma y con resolución de un solo nucleótido (Kellis *et al.* 2013). Para ser concretos, vamos a enfocarnos en la función a nivel de proteína. Aunque lo que definimos como función de la proteína suele ser condicionado por el contexto —es decir, el entorno celular— (Huang 2000), para propósitos de nuestra discusión vamos a asumir que una función de proteína puede ser asignada invariablemente. Así, en el modelo simple uno a uno, un gen está vinculado invariablemente a una función específica a través de la acción de una proteína.

Según la más reciente versión del ensamblaje del genoma humano que



**Figura 1.** Representación esquemática de los GPMs expuestos en el texto principal. a) GPM uno a uno que representa el dogma central de biología molecular: un gen (p. ej., el genotipo) codifica para una proteína, la cual lleva a cabo una función específica que determina una característica observable (p. ej., el fenotipo). b) GPM uno a uno que representa el paradigma de la vía de señalización “causal” lineal: genes codifican para las proteínas involucradas en una vía de señalización (genotipo), y esta última convierte una señal molecular específica en un fenotipo celular específico. c) GPM no lineal que representa la especificación de los fenotipos celulares mediante la dinámica de GRNs: los genes de un genoma individual (genotipo) interactúan en GRNs complejas cuyas interacciones regulatorias determinan los fenotipos celulares observables.

aparece en la base de datos Ensembl (<http://www.ensembl.org/>) el ser humano tiene 20,389 genes codificadores, 9,656 pequeños genes no codificadores, y 14,470 genes largos no codificadores. La primera observación obvia es que no todos los genes codifican para proteínas. Hay dos hechos postgenómicos: 1) la

mayor parte del genoma humano no codifica para proteínas (Alexander *et al.* 2010), y 2) la transcripción ocurre con mucha más frecuencia de la esperada (Carninci *et al.* 2005; Cheng *et al.* 2005). ¿Será posible que los genes que no codifican para proteínas también definen el fenotipo? Bueno, probablemente, de alguna manera; pero con toda seguridad no lo hacen por medio de un GPM uno a uno, dado el punto de vista que va emergiendo en el sentido de que la transcripción no codificadora está estrechamente ligada a la regulación génica y a la especificación del tipo celular (Natoli y Andrau 2012). Por ejemplo, se mostró recientemente que el ARN transcripto de potenciadores llamado eRNA, es capaz de regular la transcripción (Plosky 2014). Como veremos más abajo, la regulación génica en sí misma es el mecanismo central detrás de la definición de las redes regulatorias génicas; también es fundamental para entender la conducta colectiva de las redes. Conceptualizar la conducta celular en términos de redes moleculares, a su vez, representa una desviación total del GPM uno a uno.

Además de genes (no) codificadores, la cantidad de proteínas codificadas en el genoma humano, y representadas por modificaciones de transcripción ha sido estimada entre 50,000 y 500,000 (Uhlen y Ponten 2005). Considerando la ahora conocida cifra de genes y (estimada) de proteínas en otros organismos, varios autores han señalado que la complejidad genómica (y proteómica) no está correlacionada con la complejidad fenotípica (véase por ejemplo Huang 2002). Este hecho empírico, nuevamente, no es consistente con lo que esperaríamos de la extensión del dogma.

Más allá de la curiosidad despertada por datos genómicos generados recientemente, una desventaja más seria del GPM uno a uno asociado con el *dogma central* reside en que pasa completamente por alto las interacciones entre genes (Tyler *et al.* 2009). La *epistasis* se refiere al fenómeno en el cual el efecto funcional de un gen está condicionado por otros genes (Phillips 2008), mientras la *pleiotropía* se refiere a una función que es afectada por muchos genes (Stearns

*Según la más reciente versión del ensamblaje del genoma humano que aparece en la base de datos Ensembl, el ser humano tiene 20,389 genes codificadores, 9,656 pequeños genes no codificadores, y 14,470 genes largos no codificadores. La primera observación obvia es que no todos los genes codifican para proteínas. Hay dos hechos postgenómicos: 1) la mayor parte del genoma humano no codifica para proteínas, y 2) la transcripción ocurre con mucha más frecuencia de la esperada. ¿Será posible que los genes que no codifican para proteínas también definen el fenotipo?*

2010); estos dos fenómenos constituyen hechos (y conceptos) bien establecidos en genética moderna y clásica (Lehner 2011; Wagner y Zhang 2011). En la actualidad esta clase de interacciones genéticas están siendo estudiadas sistemáticamente a escala genómica. Por ejemplo, ahora es posible probar millones de combinaciones diferentes de mutantes dobles y evaluar sus efectos sobre una función cuantificable, tal como hicieron Costanzo y sus colegas usando la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* (Costanzo *et al.* 2010). Estudios como éste han mostrado con claridad que el efecto de un gen sobre un fenotipo específico depende de la actividad (o ausencia de la misma) de muchos genes más. En este sentido una interacción *genética* se define sobre la base de este efecto funcional condicionado. Si bien una discusión a fondo de la epistasis y la pleiotropía se halla fuera de los alcances de este trabajo, vale la pena hacer notar que tales mecanismos están estrechamente vinculados con dos tipos innegables de evidencia experimental: 1) se pueden generar resultados muy diferentes de juegos de genes casi idénticos, o el mismo genotipo puede producir fenotipos contrastantes, y 2) es posible arribar a puntos fenotípicos virtualmente idénticos utilizando genotipos muy diferentes. Evidentemente, estos hechos no cuadran con un GPM uno a uno. Aunque son aparentemente paradójicos, ambas declaraciones pueden reconciliarse perfectamente usando un modelo de GPM muchos a muchos en el cual las interacciones entre componentes genéticos y no genéticos son considerados de manera explícita; un punto de vista mucho más consistente con la manera en que los sistemas vivientes y adaptables se comportan y evolucionan.

### El mapeo uno a uno y las vías de señalización

Extendiendo el concepto de uno a uno hasta un nivel más alto, los biólogos moleculares lo aplican para asociar una vía de señalización alterada con una particular condición fenotípica. Las señales extracelulares son transmitidas por proteínas intermediarias a proteínas efectoras, que eventualmente activan los conjuntos de genes responsables del establecimiento de fenotipos “*apropiados*”. Nótese que el término vía por sí solo hace referencia a un grupo de eventos que se producen ordenadamente a lo largo de una *línea*. Por lo tanto, en un sentido, este modelo multimolecular continúa la idea *dogmática* de transferencia de información lineal y unidireccional. Por lo tanto, desde nuestro punto de vista, también constituye efectivamente un modelo de GPM uno a uno (véase figura 1b). Los genes codifican para las proteínas involucradas en la vía (genotipo), y éstas mapean hacia una señal molecular específica (instrucción) que conduce a un fenotipo celular específico. La propiedad lineal de las vías de señalización también implica causa y efecto unidireccional: se cree que una señal de

instrucción dada causa directamente una manifestación fenotípica. Tradicionalmente los biólogos han adoptado esta imagen simple de la vía como explicación válida a nivel molecular para muchos fenotipos celulares. Ni siquiera es válido un enfoque de uno a uno para asociar una red con un fenotipo.

### **¿Es sostenible empíricamente este modelo uno a uno (señal a fenotipo) en la biología postgenómica?**

Aquí podemos plantear preguntas similares a las que se enuncian más arriba. Por ejemplo, ¿hay suficientes vías de señalización celular para la cantidad de posibles señales extracelulares? ¿Hay una relación directa, de uno a uno, entre señales y fenotipos? Y si esto es así, ¿por qué los fenotipos celulares (es decir, los tipos de célula) parecen ser entes discretos mientras, por ejemplo, las señales portadas por los factores solubles de crecimiento exhiben concentraciones sujetas a variaciones continuas? Y, más importante, ¿cómo y por qué los fenotipos celulares se mantienen después de que ha cesado la señal? Como explicaremos más adelante, reexaminar el comportamiento de las células como resultado de las restricciones impuestas por las interacciones regulatorias de las redes moleculares complejas es útil para abordar estas cuestiones.

La explosión genómica ha llevado a la caracterización por fuerza bruta (de procesamiento de datos) de los componentes moleculares y sus interacciones, que ahora están siendo integrados en grandes bases de datos (Chatraryamontri *et al.* 2013). Como se esperaba, se han hecho esfuerzos para tratar de clasificar tales componentes en colecciones de vías de señalización a nivel genómico en múltiples organismos (Schaeffer *et al.* 2009; Croft *et al.* 2010). ¿Qué se aprendió? ¿Facilita la caracterización exhaustiva de vías de señalización la comprensión de fenotipos celulares y su plasticidad? En analogía con el fracaso de la predicción de que la caracterización de todos los genes de un organismo permitiría entender las reglas codificadas por el genoma que rigen su comportamiento, el enlistado de vías de los componentes moleculares y sus interacciones sólo ha revelado un cuadro que es mucho más complejo que lo anticipado. Pero falta mucho para explicar las manifestaciones fenotípicas por medio de cadenas lineales de causación molecular (Huang 2011) o, en otras palabras, de asociaciones lineales con preferencia sobre modelos explicativos.

Décadas de experimentación han mostrado que hay extenso intercambio de información entre las vías de señalización caracterizadas individualmente. De manera correspondiente, los fenómenos de epistasis y pleiotropia explicados en párrafos anteriores se extienden naturalmente en el nivel de las vías. Mientras varias vías diferentes pueden converger hacia fenotipos específicos, una vía y señal molecular específicas pueden también generar fenotipos diferentes

dependiendo de cada contexto (Huang 2000). Estas observaciones sugieren interacciones más allá de las cascadas lineales. Por otra parte, se puede producir un efecto similar al “causado” por una señal molecular específica mediante estímulos no específicos o incluso de manera independiente de cualquier estímulo. Por ejemplo, estímulos mecánicos como los inducidos por alteraciones de la forma celular pueden inducir fenotipos celulares sin ninguna instrucción extra celular específica ni cambio genético (Huang 2000). Por el otro lado, dada la estocasticidad intrínseca de las reacciones bioquímicas tanto extra como intracelulares, las células de un tipo específico a linaje pueden asumir diferentes fenotipos heredables, ya sea en ausencia de una diferencia genética o ambiental asociada, o mediante el procesamiento de señales ambientales estocásticas no específicas (Perkins y Swain 2009; Balazsi *et al.* 2011). Estos hechos también hacen que una explicación mecanicista por medio de un GPM uno a uno a nivel de vías de señalización sea insostenible. La inevitable plasticidad del comportamiento celular y la robustez de las manifestaciones fenotípicas observadas exigen un modelo explicativo alternativo. Razonamos más adelante que la perspectiva formal de la conducta celular como propiedad emergente de las restricciones impuestas por las redes regulatorias de los genes brinda un punto de vista alternativo acerca de cómo los genotipos mapean para generar fenotipos, ofreciendo un punto de partida para abordar procesos que, de otra manera, son sumamente complejos.

### Más allá del GPM uno a uno: perspectiva de la dinámica de redes

¿Cómo quedan parados los dos puntos de vista expuestos anteriormente (el mapeo uno a uno de gen y vía de señalización a función) en la biología de sistemas postgenómica? Los genes, las proteínas codificadas y las vías de señalización molecular están incrustados en redes complejas de componentes genéticos y no genéticos que generalmente presentan varias asas de retroalimentación positiva y negativa y un comportamiento dinámico. Nos enfocamos ahora en la regulación génica, que es la base para conceptualizar las interacciones génicas, la propiedad fundamental que subyace en las redes regulatorias génicas no lineales. El concepto mismo de la regulación de los genes, que no es nada nuevo, no es consistente con un GPM uno a uno porque implica que el efecto fenotípico de una función génica dependerá de la actividad de otros genes que la regulan. Aunque la conciencia explícita del hecho de que los genes que codifican para todas las proteínas de la célula son necesariamente regulados por algunas otras proteínas regulatorias, que a su vez son reguladas, parece abrumadora, tal conciencia puede ser representada de manera sucinta en modelos cualitativos de redes de regulación génica (GRN en inglés). Estos modelos se están volviendo

muy útiles para seguir y comprender la acción concertada de múltiples componentes interactuantes.

Un modelo de trabajo que se usa comúnmente en biología de sistemas es aquel en que el genoma se mapea directamente a una GRN, y el fenotipo celular se representa por la actividad de cada uno de sus genes, su patrón de expresión. De esta manera, en una distinción genotipo-fenotipo basada en la dinámica de la GRN, una red representa efectivamente el genotipo de la célula, mientras su perfil asociado de expresión representa su fenotipo (Davila-Velderrain y Álvarez-Buylla 2014). La estructura del genoma (y la red) permanece virtualmente constante a través del desarrollo mientras el fenotipo celular va cambiando. ¿Por qué se observan cambios fenotípicos a lo largo del desarrollo bajo patrones tan robustos y reproducibles?

La naturaleza genómica de la GRN implica una estructura codificada físicamente, por medio de la cual la red restringe naturalmente el comportamiento temporal permisible de la actividad de cada gen. Por ejemplo, un gen específico “A” es regulado por un juego específico de genes. Dado el estado de la actividad de estos reguladores y la forma funcional de la regulación, dinámicamente el gen “A” será canalizado hacia estados futuros específicos. Esta simple regla regulatoria se aplica simultáneamente a todos los genes, generando un proceso auto organizativo que lleva inevitablemente al establecimiento de solamente aquellos estados celulares (fenotipos) que son consistentes con la lógica regulatoria subyacente. Por lo tanto, la GRN impone restricciones al comportamiento de la célula. La robustez y reproducibilidad observadas del comportamiento celular surgen naturalmente como un proceso auto organizado. Cualquier fuente de estímulo inductivo extracelular (no) específico convergiría inevitablemente hacia uno de los estados fenotípicos que son lógicamente consistentes con la función regulatoria subyacente de la red que se encuentra bajo consideración.

La exposición razonada expuesta brevemente en párrafos anteriores ha sido explotada para proponer GRNs fundadas en datos experimentales para entender cómo ocurre la especificación del destino celular durante, por ejemplo, el desarrollo temprano de la flor (véase Mendoza y Álvarez-Buylla 1998; Espinosa-Soto *et al.* 2004; y actualización en Sánchez-Corrales *et al.* 2010), y el establecimiento de patrones de células madre (Azpeitia *et al.* 2010); en la actualidad se encuentra apoyada por una gran cantidad de trabajo teórico y experimental consolidado (véase por ejemplo, Huang *et al.* 2005; Azpeitia *et al.* 2014).

En contraste con las suposiciones implícitas en el GPM uno a uno, las interacciones al interior de la red son fundamentales para el establecimiento del fenotipo y, por lo tanto, el efecto de una mutación sobre el fenotipo manifestado estará condicionado por el contexto de la red del gen bajo consideración (Davila-Velderrain *et al.* 2014). Dado que la multitud de estados celulares robustos

observados dependería de las restricciones de la red debidas a interacciones regulatorias, el papel orquestador de las GRNs constituye efectivamente un GPM (no lineal) de muchos a muchos en el cual la mayoría de los componentes pueden, al mismo tiempo, constituir tanto causas como efectos (véase figura 1c).

## **¿Investigación biomédica y biotecnológica ciega, indiferente u orientada hacia el mercado?**

A pesar de toda la evidencia generada por casi dos décadas de investigación postgenómica, la presencia subliminal del GPM uno a uno, demasiado simplificado —aunque la mayor parte del tiempo no se le reconozca— no puede ser negada. Se supone implícitamente como una meta principal que impulsa la investigación biomédica convencional que los genes causan, por ejemplo, cáncer, porque generan fenotipos mediante la codificación de proteínas (Huang 2013). Éste también es el caso para la investigación biotecnológica, en la que se reconoce que un gen particular de una especie en que se produce una “función” particular puede introducirse en otra especie con la esperanza de producir la misma “función” (Vaeck *et al.* 1987). Tomando en cuenta que hay una gran cantidad de estudios buscando mutaciones “causales”, esta suposición centrada en el gen sólo se nota en unos pocos casos o, alternativamente, se pasa por alto. A pesar de la enorme cantidad de recursos invertidos en proyectos de secuenciación de genomas, no se ha podido identificar exitosamente algo como una mutación (causal) universal para una enfermedad degenerativa (Huang 2013). No obstante, el contar con moléculas específicas como candidatas a factores causales de enfermedades particulares permite a las empresas desarrollar nuevos fármacos destinados al mercado. Dada la naturaleza limitada del simplista GPM uno a uno subyacente, es probable que este enfoque fracase. Se puede reproducir exclusivamente sobre la base de su limitada efectividad —y, en gran parte, merced a estrategias de mercadeo— en lugar de explicaciones profundas o soluciones agudamente necesarias. Hay que hacer notar que esta clase de investigación sostenida en la búsqueda de blancos moleculares potenciales en terapéutica, o soluciones tipo “bala mágica” de un solo gen para amenazas agrícolas complejas, pone en evidencia la prevalencia del GPM uno a uno, es decir, asume que hay una proteína para cada enfermedad o para cualquiera amenaza ambiental en agricultura.

El potencial para la terapia también complica las cosas, porque podría ser una meta de investigación perfectamente aceptable, sin importar su impacto sobre la mejora de la comprensión o si prueba efectivamente causación. Así, podría ser el caso que la investigación biomédica no ha evolucionado naturalmente hacia una situación tan ingenua; podría ser, en lugar de eso, que el carácter

tecnocrático impulsado por el mercado de la “ciencia” moderna se ha dedicado a estimular la herencia de ideas viejas que siguen siendo convenientes; desgraciadamente para la ciencia, sin embargo, la tasa de crecimiento de la comprensión conceptual no parece poder seguirle el paso a la rapidez de la evolución tecnológica.

Resumiendo, el paradigma dominante supone implícitamente que los genes determinan la conducta celular por medio de GPM uno a uno. Específicamente, los genes codifican para proteínas que determinan directamente los fenotipos y, en consecuencia, mutaciones en los genes deberían por sí solas alterar los fenotipos. Por lo tanto, tomar como blancos proteínas alteradas producidas a partir de genes mutados parece ser la mejor estrategia para “corregir” un fenotipo patológico; lo mismo podría decirse de las alteraciones epigenéticas, de las vías de señalización alteradas o incluso de las redes. Sin embargo, un gran volumen de evidencia postgenómica hace que el GPM uno a uno sea insostenible. En contraste, un GPM que tome en cuenta el papel orquestador de las redes regulatorias moleculares, que constituye un GPM de muchos a muchos, explica naturalmente muchas observaciones paradójicas y brinda un marco formal para la interpretación de la masa creciente de datos moleculares postgenómicos. ■

## Reconocimientos

Este trabajo recibió el apoyo de becas ERAB: Conacyt (Méjico) 180098 y 180380; y UNAM-DGAPA-PAPIIT: IN 203113.

## Referencias

- Alberch, P. «From genes to phenotype: dynamical systems and evolvability.» *Genetica* 84, nº 1 (1991): 5-11.
- Alexander, R. P., G. Fang, J. Rozowsky, M. Snyder y M. B. Gerstein. «Annotating non-coding regions of the genome.» *Nature Reviews Genetics* 11, nº 8 (2010): 559-571.
- Azpeitia, E., J. Davila-Velderrain, C. Villarreal y E. R. Álvarez-Buylla. «Gene regulatory network models for floral organ determination.» *Flower Development*, 2014: 441-469.
- \_\_\_\_\_, M. Benítez, I. Vega, C. Villarreal y E. R. Álvarez-Buylla. «Single-cell and coupled GRN models of cell patterning in the *Arabidopsis thaliana* root stem cell niche.» *BMC systems biology* 4, nº 1 (2010): 134.
- Balázszi, G., Van Oudenaarden, A. y J. J. Collins. «Cellular decision making and biological noise: from microbes to mammals.» *Cell* 144, nº 6 (2011): 910-925.
- Brunet, T. D. y W. F. Doolittle. «Getting “function” right.» *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences 111, nº 33 (2014): E3365-E3365.
- Carninci, P. et al. «The transcriptional landscape of the mammalian genome.» *Science* 309, nº 5740 (2005): 1559-1563.
- Chatr-aryamontri, A. et al. «The BioGRID interaction database: 2013 update.» *Nucleic acids research* 41 (D1) (2013): D816-D823.
- Cheng, J. et al. «Transcriptional maps of 10 human chromosomes at 5-nucleotide resolution.» *Science* 308, nº 5725 (2005): 1149-1154.
- Costanzo, M. et al. «The genetic landscape of a cell.» *Science* 327, nº 5964 (2010): 425-431.
- Crick, F. H. «Central dogma of molecular biology.» *Nature* 227, nº 5258 (1970): 561-563.
- . «On protein synthesis.» *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12 (1958): 138.
- Croft, D. et al. «Reactome: a database of reactions, pathways and biological processes.» *Nucleic acids research*, 2010: gkq1018.
- Davila-Velderrain, José, A. Servin-Marquez y E. R. Álvarez-Buylla. «Molecular evolution constraints in the floral organ specification gene regulatory network module across 18 angiosperm genomes.» *Molecular biology and evolution* 31, nº 3 (2014): 560-573.
- y E. R. Álvarez-Buylla. «Bridging genotype and phenotype.» En *Frontiers in Ecology, Evolution and Complexity*, editado por Octavio Miramontes, Alfonso Valiente-Banuet y Mariana Benítez. CopIt ArXives, 2014.
- Doolittle, W. F., T. D. Brunet, S. Linquist y T. R. Gregory. «Distinguishing between “function” and “effect” in genome biology.» *Genome biology and evolution* 6, nº 5 (2014): 1234-1237.
- Espinosa-Soto, C., P. Padilla-Longoria y E. R. Álvarez-Buylla. «A gene regulatory network model for cell-fate determination during *Arabidopsis thaliana* flower development that is robust and recovers experimental gene expression profiles.» *The Plant Cell Online* 16, nº 1 (2004): 2923-2939.
- Hancock, J. M. (Ed.). *Phenomics*. CRC Press, 2014.
- Ho, W. C. y J. Zhang. «The Genotype-Phenotype Map of Yeast Complex Traits: Basic Parameters and the Role of Natural Selection.» *Molecular biology and evolution* 31, nº 6 (2014): 1568-1580.
- Houle, D., D. R. Govindaraju y S. Omholt. «Phenomics: the next challenge.» *Nature Reviews Genetics* 11, nº 12 (2010): 855-866.
- Huang, S., G. Eichler, Y. Bar-Yam y D. E. Ingber. «Cell fates as high-dimensional attractor states of a complex gene regulatory network.» *Physical Review Letters* 94, nº 12 (2005): 128701.
- . «Genetic and non-genetic instability in tumor progression: link between the fitness landscape and the epigenetic landscape of cancer cells.» *Cancer*

- and Metastasis Reviews* 32, nº 3-4 (2013): 423-448.
- . «Rational drug discovery: what can we learn from regulatory networks?» *Drug discovery today* 7, nº 20 (2002): s163-s169.
- . «Systems biology of stem cells: three useful perspectives to help overcome the paradigm of linear pathways. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366, nº 1575 (2011): 2247-2259.
- . «The practical problems of post-genomic biology.» *Nature biotechnology* 18, nº 5 (2000): 471-472.
- Huneman, P. *Functions: selection and mechanisms*. Springer, 2013.
- Kellis, M. et al. «Defining functional DNA elements in the human genome.» *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, nº 17 (2014): 6131-6138.
- Kuhn, T. S. *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press, 2012.
- Lehner, B. «Molecular mechanisms of epistasis within and between genes.» *Trends in Genetics* 27, nº 8 (2011): 323-331.
- Lewontin, R. «The genotype/phenotype distinction.» En *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2011.
- Mendoza, L. y E. R. Álvarez-Buylla. «Dynamics of the genetic regulatory network for *Arabidopsis thaliana* flower morphogenesis.» *Journal of Theoretical Biology* 193, nº 2 (1998): 307-319.
- Natoli, G. y J. C. Andrau. «Noncoding transcription at enhancers: general principles and functional models.» *Annual review of genetics* 46 (2012): 1-19.
- O'Malley, M. A. y Y. Boucher. «Paradigm change in evolutionary microbiology.» *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2005: 183-208.
- Perkins, T. J. y P. S. Swain. «Strategies for cellular decision-making.» *Molecular systems biology* 5, nº 1 (2009).
- Phillips, P. C. «Epistasis—the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems.» *Nature Reviews Genetics* 9, nº 11 (2008): 855-867.
- Pigliucci, M. «Genotype-phenotype mapping and the end of the ‘genes as blueprint’ metaphor.» *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, nº 1540 (2010): 557-566.
- Plosky, Brian S. *eRNAs Lure NELF from Paused Polymerases*. *Molecular Cell*. 2014.
- Rose, M. R. y T. H. Oakley. «The new biology: beyond the Modern Synthesis.» *Biology direct* 2, nº 1 (2007): 30.
- Sanchez-Corrales, Y. E., E. R. Álvarez-Buylla y L. Mendoza. «The *Arabidopsis thaliana* flower organ specification gene regulatory network determines a robust differentiation process.» *Journal of Theoretical Biology* 264, nº 3 (2010): 971-983.

- Schaefer, C. F. et al. «PID: the pathway interaction database.» *Nucleic acids research*, 2009: D674-D679.
- Shapiro, J. A. «Revisiting the central dogma in the 21st century.» *Annals of the New York Academy of Sciences* 1178, nº 1 (2009): 6-28.
- Soyer, O. S. (Ed.). *Evolutionary systems biology* 751, Springer 2012.
- Stearns, F. W. «One hundred years of pleiotropy: a retrospective.» *Genetics* 186, nº 3 (2010): 767-773.
- Strohman, R. C. «The coming Kuhnian revolution in biology.» *Nature biotechnology* 15, nº 3 (1997): 194-200.
- Stuart A. K. *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford, Gran Bretaña: Oxford University Press, 1993.
- Tyler, A. L., F. W. Asselbergs, S. M. Williams y J. H. Moore. «Shadows of complexity: what biological networks reveal about epistasis and pleiotropy.» *Bioessays* 31, nº 2 (2009): 220-227.
- Uhlen, M. y F. Ponten. «Antibody-based proteomics for human tissue profiling.» *Molecular & Cellular Proteomics* 4, nº 4 (2005): 384-393.
- Vaeck, M., et al. «Transgenic plants protected from insect attack.» *Nature* 328 (1987): 33-37.
- Wagner, G. P. y J. Zhang. «The pleiotropic structure of the genotype-phenotype map: the evolvability of complex organisms.» *Nature Reviews Genetics* 12, nº 3 (2011): 204-213.
- Wilkins, A. S. «Are there 'Kuhnian' revolutions in biology?» *BioEssays*, 1996: 695-696.

Ehud Lamm\* y Eva Jablonka\*

## Dos legados de Lamarck: una perspectiva del siglo XXI sobre el uso/desuso y la herencia de caracteres adquiridos

**Resumen** | Lamarck ha dejado muchos legados para generaciones futuras de biólogos. Su herencia mejor conocida fue una sugerencia explícita, desarrollada en la *Philosophie zoologique* (PZ), que los efectos del uso y desuso (caracteres adquiridos) pueden ser heredados e impulsar la transformación de especies. Esta sugerencia se formuló bajo la forma de dos leyes, a las que nos referimos con los nombres de: ley de plasticidad biológica y ley de continuidad fenotípica. Colocamos a estas leyes en su contexto histórico, y distinguimos entre las intuiciones clave de Lamarck e interpretaciones posteriores neolamarckianas de sus ideas. Argumentamos que el énfasis puesto por Lamarck en el papel jugado por la organización de los seres vivientes y su modelo fisiológico de reproducción es directamente relevante para las preocupaciones del siglo XXI, e ilustramos esto mediante la discusión de la continuidad genómica intergeneracional y la evolución cultural.

### *Lamarck's Two Legacies: A 21st-century Perspective on Use/Disuse and the Inheritance of Acquired Characters*

**Abstract** | Lamarck has left many legacies for future generations of biologists. His best known was an explicit suggestion, developed in *Philosophie zoologique* (PZ), that the effects of use and disuse (acquired characters) can be inherited and can drive species transformation. This suggestion was formulated as two laws, which we refer to as the law of biological plasticity and the law of phenotypic continuity. We put these laws in their historical context and distinguish between Lamarck's key insights and later neo-lamarckian interpretations of his ideas. We argue that Lamarck's emphasis on the role played by the organization of living beings and his physiological model of reproduction are directly relevant to 21<sup>st</sup> century concerns, and illustrate this by discussing intergenerational genomic continuity and cultural evolution.

**Palabras clave** | Lamarck – plasticidad biológica – acomodamiento fenotípico – herencia biológica – continuidad genómica intergeneracional – continuidad cultural

**Keywords** | Lamarck – biological plasticity – phenotypic accommodation – biological heritage – intergenerational genomic continuity – cultural continuity

---

\* Instituto Cohn para la Historia y Filosofía de la Ciencia y las Ideas. Universidad de Tel-Aviv, Israel. **Correo electrónico:** jablonka@post.tau.ac.il

## Las dos leyes de Lamarck

LA PRINCIPAL CONTRIBUCIÓN de Lamarck al pensamiento evolutivo fue su sugerencia de que la herencia de caracteres adquiridos impulsa el cambio evolutivo. La idea de que los efectos del uso y desuso —“caracteres adquiridos”— son heredados no fue original de él; la tomó como cosa establecida, de la misma manera que hicieron la mayoría de los biólogos de los siglos XVIII y XIX (incluyendo a Charles Darwin).

*Sugerimos que la primera ley, que describe cómo se desarrollan los caracteres a través del uso o el desuso, puede ser descrita en términos modernos como la ley de plasticidad biológica. La segunda ley, que afirma que los efectos de estas “adquisiciones” evolutivas se heredan, puede ser descrita como la ley de la continuidad fenotípica. Creemos que estas articulaciones modernas de las ideas de Lamarck pueden contribuir a discusiones sobre la herencia y la evolución*

Sin embargo, su insistencia de que los efectos de tal herencia van más allá de cambios dentro de las especies y que pueden explicar la generación de especies nuevas, patrones de diversidad, y la adaptación dio lugar a la teoría de la evolución (Burkhardt 2011), y se transformó en tema de experimentación, especulación y acalorados debates a partir de entonces. Su propuesta, que fue popular durante el último tercio del siglo XIX pero que fue rechazada durante la mayor parte del XX, en la actualidad vuelve a recibir consideración seria (véase Gissis y Jablonka 2011 para las perspectivas histórica, biológica y filosófica). No revisaremos aquí muchos estudios que muestran que variaciones introducidas por el desarrollo pueden tener efectos heredables, dado que dichas revisiones están siendo publicadas de manera regular (por ejemplo, Jablonka y Raz 2009; Turner 2011; Jablonka 2013; Rechavi 2013). Más bien nos gustaría mostrar las continuidades y discontinuidades entre las dos leyes que Lamarck presentó en su *Philosophie zoologique* (PZ) y las concepciones del siglo XXI de la adaptación fisiológica y la herencia.

Por lo tanto, empezaremos con las dos famosas leyes de Lamarck, como se describen en la PZ:

“Primera Ley. En cada animal que no ha rebasado los límites de su desarrollo, el uso más frecuente y continuo de cualquier órgano gradualmente refuerza, desarrolla y hace crecer dicho órgano, y le otorga un poder proporcional al tiempo que ha sido usado; mientras el desuso permanente de cualquier órgano lo

debilita imperceptiblemente, lo deteriora, y disminuye progresivamente su capacidad funcional, hasta que finalmente desaparece".

"Segunda Ley. Todas las adquisiciones o pérdidas que la naturaleza endilga a los individuos, a través de la influencia del entorno en el que su raza ha sido colocada desde hace tiempo, y por lo tanto a través de la influencia del uso predominante o el desuso permanente de cualquier órgano, todos ellos se preservan por reproducción en los nuevos individuos que surgen, siempre y cuando las modificaciones adquiridas sean comunes a ambos sexos, o por lo menos a los individuos que producen las crías" (Lamarck, PZ, Primera parte, 113); aquí como en otras páginas de este trabajo, PZ se refiere a la traducción inglesa de *Philosophie zoologique* de Lamarck, 1809).

Sugerimos que la primera ley, que describe cómo se desarrollan los caracteres a través del uso o el desuso, puede ser descrita en términos modernos como la *ley de plasticidad biológica*. La segunda ley, que afirma que los efectos de estas "adquisiciones" evolutivas se heredan, puede ser descrita como la *ley de la continuidad fenotípica*. Creemos que estas articulaciones modernas de las ideas de Lamarck pueden contribuir a discusiones sobre la herencia y la evolución.

## La ley de plasticidad biológica

El punto de vista de Lamarck sobre la flexibilidad y capacidad de respuesta de los organismos vivos (lo que hoy llamaríamos plasticidad fenotípica) era distinta de una simple noción de flexibilidad material. Le dedicó mucha atención a las diferentes maneras en que estaban organizados los organismos vivos, y consideraba que sus formas de organización eran fundamentales para entender cómo reaccionan a los estímulos (por ejemplo, si hay una respuesta localizada o coordinada) y cómo evolucionan. Lamarck consideraba a la capacidad de respuesta biológica como una propiedad fundamental definitoria ("primitiva") de la organización viva. La capacidad de respuesta de los objetos vivientes era para él el resultado del efecto combinado de los tipos de material químico a partir de los cuales están construidas las entidades biológicas (materia gelatinosa en animales, mucilaginosa en plantas, organizada en ambos casos como tejido), y la dinámica auto organizativa de flujos de electricidad y calor (que él llamaba fluidos sutiles) que moldean este material de una manera que conduce a su auto mantenimiento y complejización. Esta manera de ver la organización biológica estaba en el núcleo de su enfoque del origen de la vida (segunda parte de la PZ) y de la evolución de las capacidades psicológicas (tercera parte de la PZ). Es un punto de vista que ya había desarrollado en *Recherches sur l'organisation des corps vivants* de 1802, y que cita en PZ:

...la función del movimiento de fluidos en las partes flexibles de los cuerpos vivientes, y especialmente en el tejido celular de las más simples entre ellas, es tallar rutas, sitios de depósito y salidas, para crear canales y a partir de ahí diversos órganos, para variar estos canales y órganos de acuerdo con la diversidad de los movimientos o caracteres de los fluidos que los causan, finalmente para ensanchar, prolongar, dividir y gradualmente solidificar estos canales y órganos. Esto se ve afectado por sustancias que incesantemente se van formando en los fluidos, y que luego son separadas de ellos, y en parte asimiladas y unidas a los órganos, mientras el resto es rechazado.

*...que el estado de organización en cada cuerpo vivo ha sido adquirido gradualmente por la influencia cada vez mayor de los movimientos de fluidos* (primero en el tejido celular y después en los órganos formados en él), y por el constante cambio en el carácter y estado de estos fluidos por los continuos desperdicios y renovaciones que proceden dentro de ellos. (PZ 232-233; énfasis de los autores).

Lo que es central en el punto de vista de Lamarck, tanto en sus primeros trabajos como en los posteriores, es la organización dinámica que se manifiesta en las actividades que subyacen en la manera en que una entidad viviente usa o desusa sus órganos y utiliza los recursos de su entorno. Cree que los estados gelatinoso y mucilaginoso, que por sí solos podrían sostener la organización viva, han sido (y continúan siendo) formados espontáneamente; una vez que esta materia se expone a flujos de energía calórica y eléctrica ambientales, la materia se organiza para formar entidades vivientes y auto sustentadas, que están provistas de la capacidad de nutrirse, crecer y adaptarse a su condición de vida (véase por ejemplo, PZ 239).

Como la PZ deja bien en claro, Lamarck estaba trabajando contra una filosofía vitalista dominante, y reaccionaba contra el punto de vista de que el entorno era inherentemente contrario al organismo (Giglioni 2013), una percepción que siguió vigente en el pensamiento posterior darwiniano y neodarwiniano. Xavier Bichat, cuyos puntos de vista sobre este tema fueron explícitamente rechazados por Lamarck, había estado preocupado por la habilidad de organismos frágiles para resistir los efectos destructivos del medio ambiente. Estas preocupaciones lo llevaron a varias nociones de amortiguamiento interno vitalista, y luego fueron reemplazadas por alternativas más mecanicistas, que abrieron el camino para la hipótesis de Walter B. Cannon en el siglo XX: la homeostasis. Sin embargo, el concepto homeostático de estabilidad sigue siendo congruente con el cuadro de un medio ambiente externo y destructivo, enfatiza mecanismos internos que conducen a la *falta* de cambio macroscópico aparente y, lo más significativo, considera a la organización biológica como frágil. Para Lamarck, por el contrario, la interacción con el entorno es esencial para el ajuste adaptativo del

organismo, que frecuentemente está asociado con hábitos y morfología alterados, un aumento de complejidad (por ejemplo, división del trabajo) conduciendo a un incremento de la estabilidad.

Las actividades fisiológicas de las entidades vivientes, las prácticas a que son destinadas partes del organismo, son los usos y desusos en los que pensaba Lamarck. Uso y desuso, pensaba, ocurren tanto en plantas como en animales, aunque de diferentes maneras porque estas clases de organismo tienen diferentes formas de organización. En las plantas, que no se mueven y no forman hábitos (para Lamarck los hábitos están mediados por un sistema nervioso), los cambios se adquieren por medio de actividades fisiológicas como la nutrición, la absorción y la transpiración, que son moduladas por las condiciones ambientales (la cantidad de luz, calor, humedad, etc.) y por medio de la dominancia de algunos movimientos internos (PZ 108). En animales, los cambios provocados por el uso y desuso son mediados por el sistema nervioso y por los hábitos que el animal forma, que a su vez son mediados por las necesidades percibidas que, siempre según Lamarck, son la necesidad de comer, el impulso sexual, el bienestar en general, y evitar el dolor (PZ 352). Lo que se altera en los animales no primitivos cuando se enfrentan con nuevos desafíos es su "sentimiento interior", que requiere un sistema nervioso central y se manifiesta plenamente sólo en animales que pueden moverse. El sentimiento interior es el precursor y la condición para la formación de las emociones que se encuentran en los animales más desarrollados, y sus efectos específicos dependen de la organización interna del sistema nervioso y la morfología del animal, ambos de los cuales están vinculados con las actividades del organismo. El concepto de Lamarck del sentimiento interior es similar a las ideas de los fisiólogos posteriores acerca del ambiente interior y los mecanismos para preservar la homeostasis, pero las diferencias entre sus puntos de vista y las ideas que surgieron posteriormente son importantes. Su concepción fisiológica de la organización dinámica y plástica no subraya el aspecto de amortiguamiento (canalización) de la adaptación fisiológica; en lugar de ello, el uso y desuso conducen a nuevos hábitos que hacen que el organismo sea más estable al hacerlo más complejo, más diferenciado.

El énfasis de Lamarck sobre la organización plástica y flexible fue adoptado por los neolamarckianos franceses. Laurent Loison (2011) razona que el neolamarckismo francés estuvo estructurado inicialmente en torno de la noción de plasticidad que se hallaba en el núcleo de las investigaciones fisiológicas que fueron fundamentales para la biología francesa del siglo XIX y principios del XX. Las ideas de Lamarck fueron interpretadas en el contexto de la investigación fisiológica en zoología, teratología, microbiología y, lo más llamativo, botánica, donde estudios ecológicos de poblaciones de plantas y estudios fisiológicos en el laboratorio mostraron el gran alcance y prevalencia de la plasticidad

adaptativa de las plantas. Los ajustes de organismos multicelulares y de microbios ante condiciones cambiadas fueron interpretados por los lamarckistas franceses en términos de plasticidad individual: uso y desuso.

La noción de “adquisición” en sentido lamarckiano estaba vinculada estrechamente con la de uso y desuso, porque es a través del uso y desuso activos que los organismos vivos “adquieren” sus nuevas adaptaciones. Una adquisición evolutiva era vista por Lamarck y sus seguidores como resultado de la respuesta del organismo ante un aporte ambiental generalmente persistente, que conduce a un nuevo fenotipo (por ejemplo, adquirir una gran musculatura, un bronceado, aprender a esquiar). Sin embargo, por más que el término parezca intuitivamente claro, el uso de la palabra “adquirido” está lleno de ambigüedades, igual que su imagen en espejo, la palabra “innato”. Mameli y Bateson (2006) hicieron una lista de 26 significados parcialmente traslapados de “innato”, y analizaron sus muchos usos incorrectos y excesos de interpretación. Griffiths, quien estudió la manera en que la palabra “innato” es usada por los legos (es decir la noción que la “biología folklórica” tiene del término), mostró que se identifica con “naturaleza interior”, y que esta naturaleza interior se identifica con la *fijeza* (los caracteres innatos son insensibles a los aportes ambientales), la *tipicidad* (el individuo es un representante normal y sano de su especie) y la *teleología* (el rasgo es adaptativo, las desviaciones son patológicas) (véase Griffiths 2002; 2011; Griffiths, Machery y Linquist 2009). Como han mostrado a través de sus análisis Bateson, Mameli y Griffiths y sus colegas, aunque los términos parecen dicotómicos, los atributos de “innato” no lo distinguen claramente de “adquirido”. Esto puede conducir a confusiones conceptuales. Por ejemplo, mientras el desarrollo de un rasgo adquirido es por definición sensible al contexto, el rasgo adquirido es habitualmente un resultado de una respuesta organismal típica, y con frecuencia –aunque no invariablemente– adaptativa, involucrando la movilización de mecanismos fisiológicos ya desarrollados (Bateson y Mameli 2007; véase también Lehrman 1953). Más aun, cada rasgo de un organismo vivo es sensible a algún contexto, y el desarrollo embriológico que se desenvuelve de una manera típica para cada especie puede ser, con frecuencia, descrito como una cascada de inducciones (Semon 1921; Waddington 1957). Por lo tanto, la “tipicidad” y la “teleología” no distinguen entre características innatas y adquiridas, y no hay características indiscutiblemente “fijas”.

Desde el punto de vista de Lamarck, las distinciones más obvias que es preciso hacer para clarificar lo que significa “adquirido” son (i) la que existe entre adquisición pasiva y adquisición evolutiva (activa), y (ii) la que existe entre una adquisición evolutiva que depende del aprendizaje (que es específica de los animales y se basa en mecanismos neurales de aprendizaje y conducta motora) y una adquisición que no depende del sistema nervioso (y que puede aplicarse a

todos los organismos vivos). Por poner ejemplos simples, consideremos la distinción entre los tres casos siguientes, cada uno de los cuales tiene que ver con un rasgo “adquirido”: un hueso recientemente fracturado (adquirido); un hueso torcido que resultó del remodelado que siguió a una fractura del mismo; y una habilidad adquirida en el manejo de una presa peligrosa (por ejemplo, un escorpión) que resultó del proceso de aprendizaje de una suricata. El hueso recién fracturado no se considera como una adquisición biológica, por más que el hueso haya “adquirido” una forma nueva, porque no hubo actividad biológica funcional involucrada en la respuesta a la fractura. Por el otro lado, un hueso que se ha remodelado después de una fractura puede ser concebido como una “adquisición” biológica: la cicatrización-remodelación se basa en mecanismos que, en promedio, permiten al animal sobrellevar el trauma que significa la fractura de un hueso (por más que una instancia particular de remodelación haya resultado incómoda). Similarmente, cuando una suricata individual aprende a manejar escorpiones, se puede decir que la habilidad es evolutivamente adquirida (por medio de aprendizaje neural), porque involucra actividad biológica. Sin embargo, en este caso están involucrados el sistema nervioso y la conducta motora, y este tipo de respuesta biológica exige, según Lamarck, consideraciones adicionales a las involucradas en las adquisiciones fisiológicas que no involucran el sistema nervioso. Una vez que un sistema nervioso se ha instalado, se transforma en el sistema organizativo del animal, cuyas respuestas sensoriales y motoras están controladas por él. Esa es la razón por la cual los animales no se adaptan tan directamente a los entornos alterados como las plantas; según Lamarck, cada cambio en la fisiología del animal es mediado por su sistema nervioso y por sus hábitos. Esta mediación significa que las condiciones externas tienen un efecto menos directo sobre la fisiología del animal, y explica la mayor flexibilidad fisiológica y morfológica de las plantas.

El término que se emplea en la actualidad para describir la “adquisición” activa de nuevas capacidades y características durante el desarrollo es *plasticidad fenotípica*. La discusión más amplia y detallada sobre la plasticidad hasta la fecha es la de West-Eberhard (2003). Igual que Lamarck, West-Eberhard entiende a la plasticidad como un rasgo “primitivo”, una característica definitoria de la vida: “...es razonable llegar a la conclusión que la plasticidad fenotípica ha sido una propiedad de los organismos vivientes desde su origen” (West-Eberhard 2003, 180). Nota que la plasticidad no significa necesariamente que alteraciones en las condiciones acarrean una modificación del fenotipo macroscópico del organismo. La respuesta de un organismo a un cambio en sus condiciones de vida puede ser una modificación tanto de su fenotipo como del mantenimiento activo de su estado macroscópico (por ejemplo, su nivel de azúcar en sangre) a pesar de las condiciones cambiadas, un proceso que requiere cambios en la

naturaleza y/o actividades subyacentes a los mecanismos (por ejemplo, mecanismos hormonales), y que por lo tanto requiere plasticidad a un nivel microscópico fundamental. En consecuencia, West-Eberhard define la plasticidad de manera amplia como:

... la capacidad de un organismo para reaccionar ante un aporte ambiental interno o externo con un cambio de forma, estado, movimiento o ritmo de actividad. Podrá o no ser adaptativa (una consecuencia de selección anterior). A veces se define la plasticidad como la capacidad de un fenotipo asociado con un solo genotipo para producir más de una forma alternativa continuamente variable de morfología, fisiología y/o conducta en diferentes circunstancias ambientales (Stearns 1989). Se refiere a todo tipo de variantes fenotípicas inducidas por el ambiente (Stearns 1989).

La plasticidad incluye respuestas que son reversibles e irreversibles, adaptativas y no adaptativas, activas y pasivas, además de continua o discontinuamente variables (West-Eberhard 2003, 33).

Además de las distinciones mencionadas en la cita (pasivo y activo, reversible e irreversible, continuo y discontinuo), West-Eberhard examina calificativos adicionales, igualmente importantes, como respuesta evolutiva maduracional y no maduracional, respuestas aprendidas (cuyo desarrollo requiere descripción psicológica), y respuestas que no requieren ese tipo de descripción; plasticidad de desenlace abierto, que da lugar a lo novedoso (como la capacidad de una cabra lisiada para caminar sobre sus patas traseras), y plasticidad que conduce a un rango predefinido de respuestas (como el desarrollo de diferentes castas en insectos sociales). La plasticidad de desenlace abierto es de particular interés porque la novedad producida no es, por definición, resultado de una pasada selección genética para el rasgo nuevo, de modo que no puede suponerse que existe en estado latente al interior de algún “programa genético” subyacente.

West-Eberhard califica la reorganización evolutiva involucrada en la generación de fenotipos novedosos como *acomodamiento fenotípico* (West-Eberhard 2003). Está mediado por propiedades biológicas generales tales como la flexibilidad mecánica y la multiplicidad de elementos de regulación parcialmente yuxtapuestos, y también a través de procesos de exploración y estabilización selectiva basados en la generación de numerosas variantes e interacciones, de las cuales sólo se estabilizan y manifiestan eventualmente un pequeño conjunto. Pueden encontrarse ejemplos de mecanismos de exploración-estabilización en cada nivel de complejidad biológica, desde el celular hasta el social/cultural. La estabilización selectiva subyace a la formación de vástagos al interior de la célula (Gerhart y Kirshner 1997), la estabilización de conexiones sinápticas durante el desarrollo y el aprendizaje en animales (Changeux, *et al.* 1973, Edelman

1987), aprendizaje por ensayo y error (Skinner 1981), y la estabilización de prácticas culturales (Sperber 1996). Para West-Eberhart, algunos procesos de plasticidad de desenlace abierto que permiten a los organismos sobrellevar condiciones impredecibles podrían ser parte de *todos* los procesos de acomodamiento (incluyendo aquéllos que comprenden reacciones “típicas” del organismo) porque un organismo siempre está enfrentado a cierto grado de impredecibilidad: el entorno siempre es algo errático, y el desarrollo siempre resulta algo “ruidoso”.

West-Eberhard define el acomodamiento fenotípico como el “ajuste mutuo adaptativo entre partes variables” (West-Eberhard 2003, 51), una definición con reminiscencias de la creencia de Lamarck que la adaptación fisiológica a través del uso-desuso conduce a nuevas formas de (auto) organización. Como ya notamos, para Lamarck, igual que para West-Eberhard, la organización dinámica es un concepto clave, y el ajuste ante condiciones adversas implica sobrellevar con éxito desafíos ambientales. El bienestar del individuo y su éxito reproductivo exigen que el organismo se adapte al entorno o que adapte el entorno a sí mismo. Lamarck se enfocó sobre las adaptaciones del organismo, y por razones obvias (falta de información) no estableció diferencias entre diferentes tipos de estrategias plásticas, algo que hoy representa un tema de mucho interés. Por ejemplo, Jablonka y Lamb (1995, 172) distinguieron cuatro tipos de respuesta plástica ante los desafíos: (i) una respuesta no estresante (que se mantiene dentro del rango de las reacciones típicas del organismo; por ejemplo, la respuesta de una planta ante el cambio de la extensión del día); (ii) una respuesta estresante específica pero familiar (por ejemplo, la reacción ante un depredador); (iii) una respuesta a un factor de estrés general, no agudo y familiar (por ejemplo, hambre moderada); (iv) respuesta a condiciones catastróficas a las que no se puede adaptar fisiológica ni conductualmente (por

*Para West-Eberhart, algunos procesos de plasticidad de desenlace abierto que permiten a los organismos sobrellevar condiciones impredecibles podrían ser parte de todos los procesos de acomodamiento (incluyendo aquéllos que comprenden reacciones “típicas” del organismo) porque un organismo siempre está enfrentado a cierto grado de impredecibilidad: el entorno siempre es algo errático, y el desarrollo siempre resulta algo “ruidoso”*

ejemplo, inanición extrema, choque por calor extremo). Cada uno de estos tipos de acomodamiento apela a diferentes tipos de mecanismos genómicos y evolutivos, y lleva a la generación de diferentes tipos de variaciones heredables no genéticas o genéticas (Lamm y Jablonka 2008; Shapiro 2011).

Otra manera en que los organismos pueden adaptarse al ambiente y afectar la evolución es mediante la alteración del entorno que experimentan. Hacen esto mediante la migración a un sitio diferente, o modificando su entorno, por ejemplo por medio de la construcción de madrigueras o nidos, una práctica que se conoce como “construcción de nicho” (Odling-Smee, *et al.* 2003). Los procesos de migración y construcción de nicho empezaron a ser enfatizados en el último cuarto del siglo XX, en parte como alternativas al modelo lamarckiano que hacía énfasis sobre el acomodamiento fenotípico. A diferencia del uso y desuso, la migración y la construcción de nicho no modifican a los organismos directamente involucrados; más bien afectan las presiones de selección que enfrentan dichos organismos y sus descendientes, conduciendo indirectamente a cambios en la progenie por medio de selección natural.

### **Continuidad fenotípica: un concepto histórico de la herencia**

Resulta claro que el foco sobre la plasticidad ilustrado por la primera ley de Lamarck es de primera importancia para la biología del siglo XXI, y es igualmente claro que hoy en día “plasticidad” carga significados e implicaciones que eran impensables hace 200 años. Nuestro conocimiento actual acerca de los procesos que subyacen en la plasticidad y la herencia también nos permite entender mejor como los caracteres “adquiridos” pueden ser transmitidos a descendientes, como se sugiere en la segunda ley de Lamarck.

Los conceptos modernos sobre la herencia biológica y la herencia de bienes se derivan del contexto legal que se ocupa de la transferencia de patrimonios ancestrales, tales como bienes raíces y dinero. El término “herencia” se incorporó por primera vez a la biología en 1807, pero el término fue usado de muchas maneras poco consistentes durante todo el siglo XIX. Se decía que diferentes cosas eran heredadas: objetos externos que pertenecían a antepasados, como bienes raíces; partes físicas de esos mismos antepasados; el potencial para el desarrollo de caracteres, y las condiciones iniciales que son necesarias o que facilitan tales desarrollos. Esta multiplicidad de significados llevó a Johannsen (1911), en un trabajo significativo en el que definió términos fundamentales como fenotipo, genotipo y gen, a criticar la vaga y metafórica noción de herencia. En su lugar, Johannsen propuso un concepto ahistórico, explícitamente no evolutivo, de las potencialidades genéticas que se transmiten entre generaciones:

la concepción de genotipo es por lo tanto una visión “ahistórica” de las reacciones de los seres vivientes, por supuesto, sólo en la medida en que atañe a la verdadera herencia... Sugiero que es útil para enfatizar esta concepción ahistórica “radical” de la herencia en su antagonismo a la transmisión, o punto de vista del fenotipo... Por cierto, la evolución de tipos de herramientas, instrumentos e implementos de todo tipo está —por lo menos parcialmente— siguiendo adelante por medio de factores selectivos combinados con tradición, con esta última no solamente conservando los tipos útiles sino también estimulando activamente su mejoría. Pero esto no tiene nada que ver con el concepto biológico de herencia (Johannsen 1911, 139-140).

Luego concluye: “La herencia puede entonces ser definida como la presencia de genes idénticos en ancestros y descendencia” (Johannsen 1991, 159; las itálicas son de Johannsen). Según este punto de vista, que se ha vuelto muy influyente y ha guiado el pensamiento sobre la herencia y la evolución durante la mayor parte del siglo XX, sólo pueden alterarse los genotipos; un rasgo fenotípico es una característica de un organismo que resulta de las interacciones entre un potencial inicial interno (genético-evolutivo) y el entorno externo, y sólo el potencial genético es lo que se hereda de una manera biológica “real” (para una discusión sobre esto, véase Jablonka y Lamb 1995, 2005). Después del descubrimiento del ADN el genotipo se identificó con la secuencia de ADN presente en la célula, y la herencia biológica se identificó exclusivamente con la replicación del ADN.

Con toda claridad el concepto de herencia de Lamarck no coincide con la definición de Johannsen: para Lamarck la herencia es un aspecto de la evolución y, por lo tanto, es “histórico” por definición. Sin embargo, es importante hacer notar que el concepto de Lamarck no es una variante temprana de una teoría de pangénesis como aquella que desarrolló Darwin más tarde (y le dio nombre). Darwin postuló que unos minúsculos gemmas que se forman durante el desarrollo y que representan el rasgo (y las variaciones que adquiere durante el desarrollo) se acumulan en los órganos reproductivos y se transmiten a la progenie donde constituyen la semilla para la construcción de caracteres similares. De esta manera, las teorías de pangénesis explican la herencia de modificaciones adquiridas evolutivamente, de tal forma que resulta tentador leer la segunda ley de Lamarck como una versión vaga de algo semejante a pangénesis. Hasta hace poco los modelos de pangénesis fueron rechazados debido a la aceptación de la barrera línea germinal/soma propuesto por August Weismann en la década de los 1880, y la insistencia de Johannsen de que sólo el genotipo se hereda (véase Jablonka 2013; Rechavi 2013 para conocer evidencia reciente de herencia de variaciones adquiridas por vía de la línea germinal). Sin embargo, la visión pangénica de la herencia no era parte de las ideas de Lamarck. Él no propuso una teoría de herencia biológica, y durante su época la concepción de

herencia como un proceso de tipo específico que se aplicaba a todas las características del organismo —tanto las típicas de una especie como las características específicas de un individuo— todavía estaba cristalizando. En lugar de eso, Lamarck estaba comprometido con un punto de vista de continuidad fisiológica, de herencia como desarrollo extendido entre generaciones. Según él, los ancestros transfieren los cambios de organización adquiridos al mismo tiempo en que lo hacen con tendencias y aptitudes evolutivas: “de la misma manera en que la reproducción transmite *formas adquiridas* tanto internas como externas, también transmite al mismo tiempo *una aptitud para ciertos tipos especializados de movimientos y hábitos correspondientes*” (PZ, 346: itálicas de los autores). Las características son productos del desarrollo y deben ser “adquiridas” ontogenéticamente. Para Lamarck, la transmisión no es un proceso de formar o copiar ciertos gemmas o determinantes, sino un proceso de reconstrucción evolutiva que involucra una respuesta a condiciones ambientales recurrentes y que conduce a cambios graduales, sistémicos, en la forma y aptitudes del organismo.

La manera lamarckiana de concebir la herencia resulta contra intuitiva para muchos biólogos de hoy. Sin embargo, West-Eberhard ha presentado una concepción de la herencia que es similar en algunos aspectos a la implicada por Lamarck, y que puede ayudar a clarificar su punto de vista y mostrar su relevancia para nuestra visión vigente y extendida de la herencia. Al igual que Lamarck, West-Eberhard está comprometida con la idea de que “todo orden procede del orden”. De esta manera subraya la significación evolutiva de lo que ella llama la continuidad del fenotipo, en otras palabras “*las continuas y traslapadas* conexiones fenotípicas entre generaciones mediadas por fenotipos de progenie construidos por los padres (por ejemplo, huevos, esporas, semillas, y efectos de desarrollos posteriores)” (West-Eberhard 2003, 93, itálicas de los autores). En lugar de pensar en progenitores y vástagos como individuos autónomos conectados por la transmisión del genotipo paterno/materno a la progenie, West-Eberhard sugiere que tomemos en cuenta que existe una cadena ininterrumpida de fenotipos intermediarios consistente, por ejemplo, en el huevo no fertilizado, el huevo después de la fertilización con esperma, las larvas, los ejemplares juveniles y los adultos. Cada una de ellas es una entidad plástica organizada. Los genes siempre operan en el contexto de una entidad ya organizada que fue moldeada por eventos y generaciones anteriores. Todos los fenotipos intermedios, como los fenotipos en general, son plásticos. La evolución, según West-Eberhard resulta de la reacción de fenotipos intermedios (puentes) a los estímulos genéticos y ambientales, que pueden incluir potencialmente estímulos adicionales maternos. Dado que el genoma cigótico interactúa con otros componentes preexistentes en el huevo fertilizado, se ve acotado por la estructura construida por los padres.

Por consiguiente, lo que West-Eberhard llama “la continuidad del fenotipo”, la cadena ininterrumpida de conexiones fenotípicas, subyace en la reconstrucción de la organización evolutiva ancestral adquirida en generaciones subsiguientes. Aunque enfatiza la existencia de fenotipos-puente organizados, que son evolutivamente plásticos, mientras Lamarck subrayaba la transferencia de cambios de organización y aptitudes evolutivas de ancestros a descendientes, las afinidades entre los dos enfoques son obvias: ambos contemplan la herencia como evolución intergeneracionalmente extendida, y la continuidad fisiológica es un punto central para sus concepciones de la misma.

Unos pocos ejemplos pueden aclarar este cuadro y ayudar a mostrar la continuidad entre evolución y herencia. West-Eberhard hace notar que las transcripciones de genes maternos en el huevo siguen siendo usadas después de comenzado el desarrollo embrionario. Más dramáticamente, en la especie de rana *Xenopus* los genes cigóticos no están expresados en absoluto hasta varias horas después de la fertilización cuando la blástula ya contiene 4,000 células (West-Eberhard 2003, 96). Más aun, los efectos maternos pueden acumularse a lo largo de varias generaciones. Por ejemplo, en langostas migratorias los efectos de hacinamiento transmitidos por vía materna se acumulan por varias generaciones antes de que el fenotipo migratorio se exprese plenamente (West-Eberhard 2003, 98). Por consiguiente, los efectos evolutivos maternos y, más generalmente, los ancestrales exigen una extensión del concepto de herencia y un regreso a una visión “histórica” de la misma.

Sin embargo, la “herencia biológica” incluye más que los efectos maternos extendidos. Además de la herencia a través de la replicación del ADN (el aspecto “ahistórico”), la herencia hoy en día se considera como abarcando la herencia evolutiva y la herencia infectiva (la herencia de factores adquiridos del medio ambiente, como virus, trozos de ADN y ARN, y priones que después son transmitidos verticalmente). La herencia evolutiva incluye: (i) la herencia de variaciones fenotípicas que no son dependientes de cambios en la secuencia del ADN. Éstas incluyen variaciones epigenéticas, conductuales y simbólicas (Jablonka y Lamb 1995, 2014). (ii) La herencia de cambios en el ADN que son regulados y dirigidos por sistemas de control que responden a señales evolutivas y claves ambientales (Lamm y Jablonka 2008; Shapiro 2011; Lamm 2014). Frecuentemente se interpreta estos fenómenos como apoyos al concepto lamarckiano de herencia, aunque algunos de ellos (especialmente los enfocados en herencia por línea germinal de variaciones epigenéticas) están más en consonancia con las teorías de herencia neolamarckianas (pangénesis) de los biólogos de las postimerías del siglo XIX y comienzos del XX (descritos en Robinson 1979) que con la concepción fisiológica de la herencia propugnada por Lamarck. Sin embargo, como las variaciones evolutivas adquiridas en una generación pueden tener

efectos fisiológicos en la siguiente, que conducen a una similitud entre padres y progenie, los varios mecanismos de herencia forman un continuum. Por ejemplo, si se expone a una rata embarazada a la acción de la sustancia vinclozolina, esto puede afectar su estado fisiológico de maneras que alteran el desarrollo somático-fisiológico y conductual de su progenie, cambiar la cromatina en su cepa celular, y conducir a la transmisión de los estados alterados adquiridos a las generaciones futuras (Guerrero-Bosagna, Settles, Lucke y Skinner 2010).

*Para Lamarck, la herencia no era simplemente una relación entre padres y progenie; involucraba también el entorno, los hábitos que desarrolla un individuo durante su ontogenia, y los efectos acumulativos de los hábitos formados por los ancestros. Esta continuidad fenotípica multi generacional caracteriza la herencia evolutiva de manera más general, y tiene implicaciones evolutivas*

Para Lamarck, la herencia no era simplemente una relación entre padres y progenie; involucraba también el entorno, los hábitos que desarrolla un individuo durante su ontogenia, y los efectos acumulativos de los hábitos formados por los ancestros. Esta continuidad fenotípica multi generacional caracteriza la herencia evolutiva de manera más general, y tiene implicaciones evolutivas. Alexander Badyaev y sus colegas estudiaron el acomodamiento fenotípico en el pinzón doméstico (*Carpodacus mexicanus*), un pájaro que a partir de los años 1940 ha incrementado en gran medida su territorio, habiéndose extendido desde su hábitat original en California tanto a las áreas calurosas y húmedas de Alabama como a las zonas frías y secas de Montana. Estas expansiones se llevaron a cabo mediante adaptaciones fisiológicas en cada población, que condujeron a diferencias divergentes significativas entre ambos sexos. Diversos análisis han mostrado que las adaptaciones ocurrieron por medio de cambios en la fisiología y conducta pionera de

las madres, es decir, a través de efectos maternos inducidos por el entorno. Los pájaros se adaptaron durante la vida de un solo ejemplar, con las hembras que migraban de un ambiente a otro volviéndose con la edad progresivamente mejor adaptadas a su nuevo entorno, y los ajustes siguieron mejorando en generaciones subsiguientes (Badyaev 2009). Badyaev ha sugerido que la siguiente etapa evolutiva puede involucrar la estabilización de la transmisión hereditaria a través de herencias epigenéticas por vía de las líneas germinales, ocurriendo la estabilización final cuando las variaciones genéticas que confieren aun mayor

estabilidad al desarrollo de las aves desplazan a las variaciones epigenéticas, un proceso que West-Eberhard (2003) llama acomodamiento genético. Por más que esta progresión de mecanismos estabilizadores de herencia no constituye la única posibilidad (puede ocurrir acomodamiento genético sin la intervención de efectos maternos ni de herencia por líneas germinales, y la herencia por cepa celular puede no estar precedida por efectos maternos), sí resulta probable porque la herencia epigenética estabiliza los cambios inducidos y acomodados por el entorno, guiando de esta manera la selección que conduce a su acomodamiento genético.

## Discusión: los beneficios de un marco interdisciplinario

La complejidad inherente en la frase “la herencia de caracteres adquiridos” problematiza no únicamente la noción de herencia sino también la de caracteres y en consecuencia la de “individuo” a quien se está atribuyendo el “rasgo”. Algunas concepciones de caracteres son simples y directas: un organismo (por ejemplo, un humano) se puede describir como poseedor de rasgos morfológicos (cabecera redonda, miembros largos, hombros anchos), caracteres fisiológicos (alto nivel de azúcar, colesterol bajo, presión sanguínea normal) o caracteres definidos por atributos conductuales/psicológicos (activo, alerta, emocionalmente dependiente). Por supuesto, las categorías se traslanan porque la morfología y la fisiología están estrechamente emparentadas, y lo psicológico puede ser visto como un aspecto especial de lo fisiológico. En todos estos casos hay un traslape evidente entre “rasgo” y un fenotipo construido evolutivamente, pero no siempre es el caso. Una alteración evolutiva en una secuencia específica de ADN, como la que resulta de un cambio genético programado inducido por el entorno en una levadura, ¿es un rasgo? Si consideramos el genoma como un sistema evolutivo (Lamm 2011, 2014), la respuesta es claramente positiva, mientras desde un punto de vista “ahistórico” la respuesta es negativa.

La naturaleza del “individuo” es crucial para nuestro juicio sobre el estatus de rasgo de un atributo. Si el individuo de interés es un linaje, puede pensarse en un atributo estadístico (colectivo) como un rasgo. Por ejemplo, la frecuencia de recombinación en un cromosoma particular, que es alta en un linaje pero baja en otro, es un rasgo de linaje. Si el individuo es una comunidad de organismos más o menos coherente, un holobionte, entonces los socios constituyentes potencialmente variables pueden pensarse como un rasgo del socio focal (el que representa el foco principal de interés). De esta manera, si pensamos en los humanos y sus muchos simbiontes intestinales microbianos como un “holobionte humano”, entonces para la parte humana de la asociación tener un particular tipo de simbionte, o combinaciones de simbiontes, es un rasgo que ha estado

activamente en construcción durante el desarrollo del humano (con una contribución inicial que llega como parte del fenotipo puente producido por la madre); de manera parecida, para una bacteria que forma parte del holobionte, su socio humano contribuye a su fenotipo multifacético (Gilbert 2011). Más aún, un nicho construido ecológicamente puede ser visto como uno de los caracteres de un organismo individual o grupo de organismos. Una presa de castores, por ejemplo, puede ser vista como un rasgo construido evolutiva y conductualmente, que tiene cualidades que la distinguen que dependen de los métodos de construcción de los castores y el entorno local, incluyendo la presa que fue adquirida a los padres (Odling-Smee, *et al.* 2003). En este caso el carácter —el tipo de presa— de los grupos individuales de castores está construido socialmente. Si nos ocupamos de la cultura, reconocemos que las prácticas culturales son caracteres compuestos: están integrados por componentes conductuales y de nicho social (por ejemplo, artefactos y herramientas) que son caracteres tanto del individuo como del sistema social del que forman parte. Más aun, las instituciones y sistemas sociales tales como empresas pueden tener caracteres colectivos (por ejemplo, eficiencia o cortesía).

Un marco que enfatiza la plasticidad y la continuidad fenotípica, y que por lo tanto subraya la vinculación entre evolución y herencia, los mecanismos interconectados de transmisión, y los múltiples niveles de individualidad, exige un enfoque interdisciplinario. Este se debe a que todos los caracteres, sean heredables o no, son el resultado de la evolución, que siempre contiene contribuciones genéticas y epigenéticas, y en humanos también incluye aportes conductuales y simbólicos. Herencia y evolución, por lo tanto, necesitan incorporar mecanismos múltiples de “adquisición” y transmisión, además de varios niveles de individualidad. Ilustraremos esto mostrando cómo este marco influye sobre la investigación genómica y sobre el estudio de la evolución cultural.

## Continuidad de la evolución genómica

En eucariotas el genoma consiste de cromatina, que está compuesta por ADN enroscado alrededor de varias proteínas de histona, juntas con otras proteínas no histónicas y moléculas de ARN. La cromatina tiene una estructura tridimensional que se relaciona con la expresión génica, y ADN inaccesible a la máquina de lectura debido a que su estructura no está expresada. La conformación de la cromatina es dinámica y cambia durante la vida de la célula, dependiendo de las actividades y funciones de esta última. El reconocimiento de la importancia de la organización y dinámica de la cromatina es crucial para entender tanto la herencia como la evolución (Lamm 2011). Cuando las células se dividen, se reproducen componentes de cromatina (además de la secuencia de ADN) en las células

hijas, y de esta manera la conformación tridimensional de la cromatina se “copia” parcialmente; su estructura se elabora y se completa posteriormente por mecanismos que operan en las células hijas (revisado en Lamm 2014). La herencia de la conformación de cromatina concuerda con los puntos de vista sobre herencia que se discutieron anteriormente, tanto con la propuesta vaga de Lamarck como con la idea moderna de la continuidad del fenotipo propuesta por West-Eberhard. Además de enzimas y otras contribuciones maternas (por ejemplo, moléculas de ARN no codificante y factores regulatorios) que se transmiten al cigoto, la estructura de la cromatina de los padres afecta la estructura de cromatina y la expresión génica del cigoto, y constituye una parte importante de lo que West Eberhard llama fenotipo puente.

Los factores y procesos que mantienen variantes de estructuras de cromatina a lo largo del tiempo, y por lo tanto llevan a la memoria celular o herencia celular, son mecanismos *epigenéticos*. Un tipo de mecanismo epigenético es la metilación del ADN. Grupos metilo pueden agregarse a las citosinas del ADN, y si bien no alteran las propiedades codificadoras de la secuencia, los patrones de metilación de la citosina sí afectan la probabilidad de transcripción. Es crucial que cambios en los patrones de metilación del ADN pueden ser inducidos por el entorno, y son copiados cuando el ADN se replica. Si los patrones de metilación del ADN o sus efectos fenotípicos son tomados como caracteres, entonces el descubrimiento y dilucidación de este mecanismo de copiado molecular brinda apoyo a un modelo neolamarckiano para la herencia de caracteres adquiridos.

La metilación del ADN es apenas uno de varios mecanismos de herencia epigenética. Otros mecanismos incluyen la reproducción de modificaciones de la histona, el templetado tridimensional de proteínas como los priones, que se transmiten a través de la división celular, la transferencia y reproducción de pequeñas moléculas de ARN que actúan como reguladoras de la expresión génica, y la transmisión de componentes de lazos autocatalíticos de retroalimentación positiva que son pasados de madre a hija durante la división celular y reconstruyen las actividades celulares de las progenitoras (revisado y discutido en Jablonka y Lamb 2014).

Además de la transmisión al interior de una cepa celular, se sabe que los mismos mecanismos epigenéticos moleculares cumplen papeles en el mantenimiento y transmisión de cambios a niveles más altos de organización biológica. A veces subyacen en la herencia de caracteres conductuales por rutas que evitan la cepa celular (revisado y discutido en Jablonka y Lamb 2014). En particular, fenotipos conductuales adquiridos, inducidos por estrés, que están asociados con cambios en la cromatina y regulación génica en los centros de miedo y recompensa del cerebro de mamíferos, son reconstruidos en la progenie. Por ejemplo, cachorros de rata criados por madres que les prodigan poco aseo y

lamidas se transforman en adultos temerosos y fácilmente estresados, mientras que cachorros criados por madres que los asean y lamen en abundancia se vuelven adultos audaces y relativamente libres de estrés. Estas diferencias de conducta se reflejan en la estructura de la cromatina en los cerebros de las ratas, y se reproducen cuando las hembras tratan a su progenie de la misma manera en que ellas mismas fueron tratadas por sus madres (Kappeler y Meaney 2010).

Los mecanismos epigenéticos también pueden influir sobre cambios en la secuencia de ADN. Por ejemplo, ciertos tipos de pequeñas moléculas de ARN inhiben los movimientos de transposones, de tal manera que un cambio evolutivo que reduce la producción de estas pequeñas moléculas de ARN puede realizar la transposición, llevando así a cambios en la organización del ADN. En consecuencia, hasta la transmisión confiable de secuencias de ADN puede ser alterada evolutivamente, y la continuidad genética y epigenética se encuentran estrechamente vinculados (Lamm y Jablonka 2008; Lamm 2011; 2014).

## Continuidad cultural

Las sociedades y la cultura cambian con el tiempo, y exhiben dinámicas que trascienden las de los individuos. Es por lo tanto natural intentar capturar estas dinámicas por medio de herramientas evolutivas. Sin embargo, los intentos por hacerlo han dado pie a muchas controversias. Joseph Fracchia y Richard Lewontin (1999), por ejemplo, insisten en que tales enfoques se valen de “nociones *ad hoc* simplistas de la aculturación individual y de la supervivencia y reproducción diferencial de elementos culturales. No queda claro qué clase de trabajo útil se puede hacer mediante la sustitución de la metáfora de la evolución por la historia” (52). Uno de los enfoques a los que se refieren incorpora la idea de los memes culturales, que fue introducida por Richard Dawkins (1976). El discurso memético se basa en la premisa, compartida por otras propuestas sobre evolución cultural, de que la cultura puede ser descompuesta en unidades semiindependientes, que son supuestamente análogas a los genes. El destino de estas unidades (por ejemplo, una tonada pegadiza, la higiene de alimentos) se estudia luego usando modelos de genética de población modificados y enriquecidos que no solamente toman en cuenta la información transmitida verticalmente sino también la que transmiten pares y maestros. Además de observar los efectos de selección, desplazamiento, migración y variación aleatoria, que se usan en la genética de población convencional, estos modelos incorporan procesos que son específicos para la generación, adquisición y transmisión de información cultural. Incluyen la variación “guiada”, basada en el aprendizaje individual por ensayo y error; herencia combinada, que se produce cuando un individuo adopta el promedio de varias variantes culturales con las que se ha

encontrado; y la adquisición preferencial de variantes debido a su contenido (sesgo de contenido), o el estatus del modelo (sesgo de prestigio), o por la necesidad de estar de acuerdo con un patrón cultural dominante (sesgo de conformidad). Aunque más complejos que los métodos usados en la genética poblacional tradicional, la mayoría de los practicantes de este enfoque aceptan de buen grado que ver la cultura de este modo sigue siendo una simplificación crasa, pero argumentan que se trata de una idealización que vale la pena (Heinrich, Boyd y Richerson 2008).

Estamos de acuerdo con Fracchia y Lewontin (1999) en que los procesos históricos humanos son imposibles de entender mediante el estudio de cómo se diseminaron memes individuales en diferentes poblaciones, sea una idealización o no. Los modelos de evolución cultural pueden ser apropiados para situaciones muy localizadas (Mesoudi 2011), y podrían también ser aplicables a animales que carecen de una rica vida mental. Sin embargo, dado que tanto la adquisición como la transmisión de prácticas sociales y culturales son procesos evolutivos de construcción, los modelos de evolución cultural también deben incorporar los factores que afectan la fisiología y la conducta, y contribuyen a la persistencia de las prácticas. Por ejemplo, para comprender la persistencia cultural de la pobreza urbana, cualquier modelo tendría que incorporar los efectos epigenéticos a largo plazo tales como la desnutrición *in utero* y el estrés psicológico durante el desarrollo temprano, además de múltiples factores familiares y sociales. Y dado que la relación entre la dinámica del desarrollo individual y la del sistema social (por ejemplo, las jerarquías sociales, las instituciones, las normas, etc.) debe ser tomada en cuenta, un enfoque más productivo para entender el cambio cultural debería estar enfocado sobre la plasticidad y la continuidad intergeneracional, y tomar en cuenta más de una escala temporal (la del individuo, la familia, la comunidad, etc.). Una propuesta para un enfoque de este tipo ha sido delineada por Tavory, *et al.* (2014).

Las ideas de Lamarck, tal como se analizan y discuten en el presente trabajo, van más allá de las concepciones tradicionales del lamarckismo, y se transformaron en sinónimos de la herencia de caracteres adquiridos y de un modelo específico pangénético de todo lo que abarca tal herencia. Hemos argumentado que esta perspectiva tradicional, mayoritaria, se adapta mucho mejor con las concepciones posteriores neolamarckianas de herencia —que surgieron en los siglos XIX y XX— y oscurece algunos aspectos clave de las propias ideas de Lamarck. Dos legados de Lamarck —el papel de la organización fenotípica y la plasticidad, y la continuidad de los fenotipos modificados en la herencia— que fueron presentados como en sus dos leyes de la PZ, siguen siendo altamente relevantes en nuestros días. Estos legados de Lamarck son inherentes a, y unifican los enfoques usados en muchas disciplinas biológicas, incluyendo la epigenética.

médica, la epigenómica conductual y la coevolución cognitiva-sociocultural. Gracias a que se reconoce ahora que la comprensión de la herencia biológica y la evolución exige un enfoque interdisciplinario de amplio espectro, la manera original de pensar de Lamarck se ha hecho mucho más relevante ahora de lo que fue durante la mayor parte del siglo XX. ■

## Agradecimiento

Agradecemos a Marion Lamb por sus numerosas contribuciones a este manuscrito.

## Referencias

- Badyaev, Alexander V. «Evolutionary significance of phenotypic accommodation in novel environments: An empirical test of the Baldwin effect.» *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 364, 2009: 1125-1141.
- Bateson, Patrick y Matteo Mameli. «The innate and the acquired: useful clusters of residual distinction from folk biology?» *Developmental Psychobiology* 49 (2007): 818-831.
- Burkhardt Jr., Richard W. «Lamarck, Cuvier, and Darwin on animal behavior and acquired characters.» En *The transformations of Lamarckism*, editado por Snait Gissis y Eva Jablonka, 33-44. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- Changeux, Jean-Pierre, Philippe Courrege, y Antoine Danchin. «Theory of epigenesis of neuronal networks by selective stabilization of synapses.» *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 70, nº 10 (1973): 2974-2978.
- Dawkins, Richard. *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976.
- Edelman, Gerald M. *Neural Darwinism: the theory of neuronal group selection*. Nueva York: Basic Books, 1987.
- Fracchia, Joseph y Richard C. Lewontin. «Does culture evolve?» En *History and Theory. The return of science: evolutionary ideas and history*. Special issue 38 (1999): 52-78.
- Gerhart, John y Mark Kirschner. *Cells, embryos, and evolution: Towards a cellular and developmental understanding of phenotypic variation and evolutionary adaptability*. Malden, MA: Blackwell, 1997.
- Giglioli, Guido. «Jean-Baptiste Lamarck and the place of irritability in the history of life and death.» En *Vitalism and the scientific image in post-enlightenment life science, 1800-2010*, editado por Sebastian Normandin y Charles T. Wolfe, 19-49. Berlín: Springer, 2013.
- Gilbert, Scott. «Symbionts as an epigenetic source of heritable variation.» En

- The transformations of Lamarckism*, editado por Gissis Snait y Eva Jablonka, 293-293. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- Gissis, Snait. B. y Eva Jablonka. (Eds.). *The transformations of Lamarckism: from subtle fluids to molecular biology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- Griesemer, J. R. «Reproduction and the reduction of genetics.» En *The concept of the gene in development and evolution, Historical and epistemological perspectives*, editadto por P. Beurton, R. Falk y H-J. Rheinberger. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Griffiths, Paul E. «What is innateness?» *The Monist* 85 (2002): 70-85.
- . «Our plastic natures.» En *The transformations of Lamarckism*, editadpo por Snait Gissis y Eva Jablonka, 318-330. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- , Eduard Machery y Stefan Linquist. «The vernacular concept of innateness.» *Mind and Language* 24, 2009: 605-630.
- Guerrero Bosagna, Carlos, Matthew Settles, Lucker Ben y Michael K. Skinner. «Epigenetic transgenerational actions of vinclozolin on promoter regions of the sperm epigenome.» *PLoS ONE* 5, nº 9 (2010). e13100.doi:10.1371/journal.pone.0013100.
- Henrich, Joseph, Robert Boyd y Peter J. Richerson. «Five misunderstandings about cultural evolution.» *Human Nature* 19 (2008): 119-137.
- Jablonka, Eva. «Epigenetic inheritance and plasticity: The responsive germline.» *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 111 (2013): 99-107.
- y Marion J. Lamb. *Epigenetic inheritance and evolution: The Lamarckian dimension*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- y Marion. J. Lamb. *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.
- y Gal Raz. «Transgenerational epigenetic inheritance: Prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution.» *Quarterly Review of Biology* 84 (2009): 131-176.
- Johannsen, Wilhelm. «The genotype conception of heredity.» *American Naturalist* 45 (1911): 129-159.
- Kappeler, Laurent y Meaney Michael J. «Epigenetics and parental effects.» *BioEssays* 32 (2010): 818-827.
- Lamarck, Jean-Baptiste B. *Zoological Philosophy: An exposition with regard to the natural history of animals*. Traducido por H. Elliot. Chicago: University of Chicago Press, reedición de 1984 de la edición de 1914. Publicado por primera vez como *Philosophie zoologique, ou exposition des considerations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. París, Dentu, 1809.
- Lamm, Ehud. «The metastable genome: A Lamarckian organ in a Darwinian world?» En *The transformation of Lamarckism*, editado por Snait Gissis y

- Eva Jablonka: 345-355. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- . «The genome as a developmental organ.» *Journal of Physiology*, 2014 (en prensa).
- y Eva Jablonka. «The nurture of nature: hereditary plasticity in evolution.» *Philosophical Psychology* 21 (2008): 305-319.
- Lehrman, Daniel S. «Critique of Konrad Lorenz's theory of instinctive behavior.» *Quarterly Review of Biology* 28, nº 4 (1953): 337-363.
- Loison, Laurent. «The notions of plasticity and heredity among French Neo-Lamarckians (1880-1940): From complementarity to incompatibility.» En *The transformations of Lamarckism*, editado por Snait Gissis y Eva Jablonka, 67-76. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- Mameli, Matteo y Patrick Bateson. «Innateness and the sciences.» *Biology and Philosophy* 21, nº 2 (2006): 155-188.
- Mesoudi, Alex. *Cultural evolution: How Darwinian theory can explain human culture and synthesize the Social Sciences*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
- Odling-Smee, John F., Kevin L. Laland y Mark W. Feldman. *Niche construction: The neglected process in evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.
- Rechavi, Oded. «Guest list or black list: heritable small RNAs as immunogenic memories.» *Trends in Cell Biology* 24 (2013): 212-220.
- Robinson, Gloria. *A prelude to genetics*. Lawrence, KS: Coronado Press, 1979.
- Semon, Richard. *The mneme*. Londres: Allen y Unwin, 1921. (Traducción de la 3<sup>a</sup> edición de 1911 por Louis Simon 1921).
- Shapiro, James. A. *Evolution: A view from the 21st century*. Upper Saddle River, NJ: FT Press Science, 2011.
- Sperber, Dan. *Explaining culture: A naturalistic approach*. Oxford: Blackwell, 1996.
- Tavory, Iddo, Simona Ginsburg y Eva Jablonka. «The reproduction of the social: A developmental system approach.» En *Developing scaffolds in evolution, culture, and cognition*, editado por Linnda Caporael, James R. Griesemer y William C. Wimsatt: 307-325. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.
- Turner, Bryan M. «Environmental sensing by chromatin: an epigenetic contribution to evolutionary change.» *FEBS Letters* 585 (2011): 2032-2040. (*Epigenetics Special Issue*).
- Waddington, Conrad H. *The strategy of the genes*. Londres: Allen and Unwin, 1957.
- West-Eberhard, Mary-Jane. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

Lev Jardón Barbolla\*

## De la evolución al valor de uso, ida y vuelta: exploraciones en la domesticación y diversificación de plantas

**Resumen** | La diversidad de las plantas domesticadas ha sido de interés para la biología desde el programa darwiniano de investigación. Reconociendo a esa diversidad como un producto de la historia, cabría preguntarse si ésta es un producto estático, ya dado, o antes bien es la manifestación de un conjunto de procesos activos. Entonces se requiere una aproximación dialéctica al estudio de la diversidad agro-biológica. Esto permite revisitar una serie de problemas teóricos, incluyendo el de la conceptualización del conjunto de interacciones que permiten que esa diversidad haya sido creada, pero también mantenida a pesar de perturbaciones por otros elementos del sistema. Y también lleva a entender la diversidad en plantas domesticadas desde dos planos entrelazados: 1) el de las consecuencias genéticas del proceso de domesticación y 2) el del espacio social en el que ocurre un tipo de selección artificial capaz de generar una diversidad de valores de uso. Así, es posible construir una hipótesis de trabajo interdisciplinario: que la diversidad en plantas domesticadas no es solamente el resultado de intentar incrementar la magnitud escalar de las cosechas, sino un resultado coevolutivo en el que la producción de diferentes valores de uso, parte de la formación de la diversidad cultural, ha sido clave. Mesoamérica es un espacio idóneo para contrastar esta hipótesis.

99

***From Evolution to Use Value, both Ways: Explorations in the Domestication and Diversification of Plants***

**Abstract** | The diversity of domesticated plants has interested biologists since the Darwinian research program. If we accept diversity as a product of History, it is worthwhile to ask if this is a static product, already finished, or if it is, rather, the manifestation of a series of active processes. Therefore, we require a dialectical approach to the study of agro-biological diversity. This enables us to re-visit a whole set of theoretical problems, including the conceptualization of the combination of interactions that have allowed this diversity to be generated and maintained, notwithstanding the disturbances provided by other elements in the system. It also leads us to understand diversity in domestic plants from two intertwined points of view: 1) that of the genetic consequences of the domestication process, and 2) that

---

\* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: levjardon@ciencias.unam.mx.

of the social space in which a given type of artificial selection capable of generating a variety of use values takes place. Thus it is possible to build an interdisciplinary working hypothesis: that the diversity in domesticated plants isn't simply the result of trying to increase the magnitude of scale of harvests, but a coevolutionary result in which the production of different use-values, part of the generation of cultural diversity, has been a key element. Central America is an appropriate space for testing this hypothesis.

**Palabras clave** | domesticación de cultivos – selección artificial – valor de uso – agroecología – evolución – diversidad de cultivos – marxismo

**Keywords** | crop domestication – artificial selection – use value – agroecology – evolution – crop diversity – marxism

## Introducción

ESTE ARTÍCULO PRETENDE aportar elementos para el análisis de la línea de tensión sociedad-naturaleza en el contexto de la domesticación/diversificación de plantas. Al mismo tiempo, se esbozan algunas rutas hacia la formación de un campo interdisciplinario que pueda dar cuenta de mejor manera de los procesos que generan y mantienen la agro-biodiversidad. Al plantear ambas cuestiones busco también contrastar la contradicción que la acumulación capitalista establece con estos procesos como parte de la tendencia de esta acumulación a destruir la diversidad cultural.

Es un hecho conocido que las plantas que la humanidad utiliza en la agricultura, y en sentido más amplio en el manejo agroecológico,<sup>1</sup> no surgieron de la nada. La búsqueda de la comprensión del origen de estas plantas ha sido un tema recurrente para las ciencias naturales desde las obras de Darwin (1859) y De Candolle (1886). Al ser el resultado de un proceso histórico, el origen de las plantas cultivadas guarda una estrecha relación con la distribución de sus parentales silvestres y con una serie de procesos de modificación que fueron operados por la humanidad de manera independiente en diferentes partes del mundo, los Centros de origen de la agricultura y de la domesticación de plantas (Vavilov 1926).

<sup>1</sup> Siguiendo a Vandermeer (2011) diríamos que el agroecosistema es un tipo de ecosistema que solamente puede existir cuando la especie dominante (en el sentido de la ecología) es *Homo sapiens*. Sin embargo, yendo más allá del tema del salto en la complejidad que implica un agroecosistema respecto a otros ecosistemas, lo relevante en este punto para nuestro argumento es que el proceso de domesticación/diversificación ocurriría en el marco de una modificación más amplia a escala ecológica, operando en un nivel de organización más inclusivo.

La domesticación es un proceso social-natural, cuyas características la hacen irreductible a los términos de solamente alguno de estos dos extremos. En el proceso que ha originado los cultivos que conocemos y usamos han sido importantes tanto la naturaleza propiamente biológica de las plantas cultivadas como los procesos sociales, económicos y culturales que orientan la domesticación. La interacción de dichos factores hace que una aproximación tradicional, monodisciplinaria al problema resulte insuficiente, incluso para la definición misma de lo que entendemos como proceso de domesticación. Comprender la naturaleza histórica (en el sentido de descendencia con modificación) de la diversidad de los cultivos (manifestación más inmediata de la agro-biodiversidad) y el estudio de la domesticación como un proceso en el que están entrelazados diferentes niveles de causalidad fueron aportaciones centrales de Vavilov que al mismo tiempo fueron pioneras en el camino de la síntesis del darwinismo y el mendelismo (Shumy 2007).

Planteadas así las cosas partimos de que las plantas que utiliza la humanidad en contexto del cultivo son el resultado de un proceso de cambio, a partir de formas naturales o silvestres que han dado origen, a través de una serie de mediaciones, a las plantas cultivadas propiamente dichas. Ese proceso, ha implicado una serie de cambios que permitieron adecuar o adaptar esas plantas al manejo por parte de los seres humanos. Así, la domesticación ha sido entendida como el conjunto de modificaciones a diferentes niveles derivadas de un proceso de selección que lleva a una mayor adaptación de las plantas y animales al cultivo o crianza por los seres humanos (Gepts 2004). Esta definición permitiría hablar de la domesticación como un continuo y no tanto ya como un estado discreto, es decir las plantas presentan diferentes grados de modificación debido a la acción de los seres humanos, que irían desde meras alteraciones en la dinámica ecológica debidas a la alteración del ambiente, hasta verdaderos síndromes de domesticación (Gepts 2004) que implican modificaciones a nivel morfológico, fenológico, bioquímico e incluso demográfico.

Pero al mismo tiempo, la domesticación entendida como un continuo, no es un acontecimiento puntual que ocurrió en el pasado remoto, no es solamente un fenómeno propio de los inicios de la revolución neolítica. La domesticación como proceso ha permanecido como una constante allí en donde las comunidades agrícolas han estado en condiciones de manejar poblaciones silvestres de plantas interesantes de una u otra forma (sea como alimentos, sea como condimentos, sea como forrajes, como fuente de fibras textiles, etc.), incorporarlas al agro-ecosistema en su forma más amplia e incluso adoptarlas recurrentemente para el cultivo (véase, por ejemplo, Casas *et al.* 2007).

Uno de los correlatos del proceso de domesticación ha sido la diversificación de las formas, particularmente de las plantas cultivadas. Si bien esto puede

ocurrir también fuera de los centros de origen de las plantas domesticadas (en centros secundarios *sensu* Vavilov, 1926), es indudable la relevancia de la diversificación en los centros de origen de la agricultura porque permite reconocer los procesos de cambio desde los parientes silvestres hacia las formas adaptadas al cultivo. Por otra parte, el hecho de que existan múltiples formas cultivadas, más de una variedad adaptada a dicho cultivo, introduce una dimensión adicional a la diversidad biológica.

Así, resulta relevante analizar la dualidad entre domesticación y diversificación, comenzando por caracterizar, así sea brevemente, la forma en la que ésta se presenta en primera instancia, al nivel de los elementos llamativos desde un punto de vista biológico. Estos elementos tienen un primer nivel de manifestación en los organismos: en las especies individuales de plantas domesticadas y la diversidad a diferentes niveles presente en ellas.

Pero en realidad lo que nos interesa es comprender la naturaleza del proceso que ha mediado (y, afirmamos, media) en la evolución —en un corto periodo de tiempo biológico— de esas modificaciones que llamamos domesticación. La selección artificial ha sido un proceso central, característico de la evolución en domesticación, sea que haya ocurrido mediada por el manejo humano del ambiente o directamente por la decisión de qué organismos son dejados crecer, protegidos o incluso sembrados y crecidos (Darwin 1859; Vavilov 1926; Haldane 1924-1934; Harlan 1975; Gepts 2004). Plantear algunas hipótesis en torno a la naturaleza de la selección artificial como proceso inmerso en la producción de la diversidad que toma la forma social-natural de los cultivos es el segundo objetivo de este artículo.

## Paradojas en torno a la diversidad

### *Muchas plantas útiles, pocos cultivos*

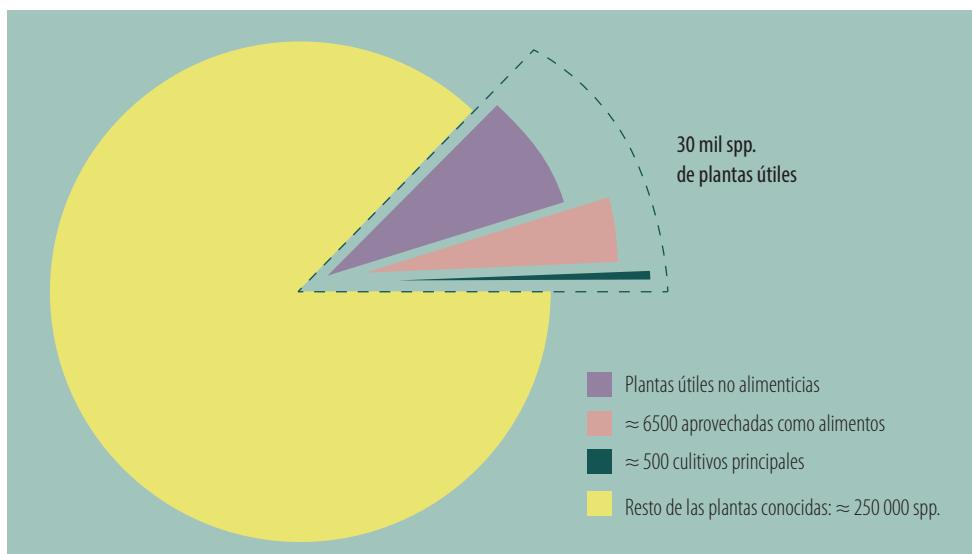
No hay un acuerdo en la estimación del número de especies de plantas que utiliza la humanidad, aunque una proyección de la FAO (1999a) señala que aproximadamente 30 mil de las 300 mil especies de plantas conocidas en el mundo son o han sido utilizadas por los pueblos del mundo para satisfacer alguna necesidad (desde la construcción hasta la medicina); es decir, alrededor del 10% de las especies vegetales del mundo cuentan con algún uso reportado para la ciencia occidental. Si nos concentramos en el campo de las plantas que han sido utilizadas para la alimentación, la propia FAO lo estima en 7000 (2.3% del total).

Aunque algunos autores (Chappell *et al.* 2013) interpretan esas 7000 especies como el total de plantas que han sido cultivadas alguna vez en la historia

de la humanidad, y otros (Meyer *et al.* 2012) han considerado que el número es de alrededor de 2500 especies, incluyendo tanto cultivos principales como secundarios (desde el punto de vista de su relevancia económica), en realidad son sólo unas pocas especies las que han sido utilizadas sistemáticamente como cultivos. Los cálculos más conservadores estiman que el número de especies que se ha cultivado sistemáticamente y en el que la humanidad ha basado su alimentación en los últimos 3 o 4 milenios probablemente se encuentra más bien en el orden de los cientos de especies (103 especies: FAO 1999b; 100 especies: Diamond 2002; 250 especies: Duarte, Marbá y Holmer 2007). Estimaciones intermedias ubican en 500 las especies domesticadas al punto de poder ser cultivadas sistemáticamente (Harlan 1975; Gepts 2004). Estas plantas, serían las más intensamente modificadas por los procesos selectivos, por cuanto han sido adaptadas en mayor medida al cultivo sistemático, llegando incluso a presentar, como en el caso del maíz, diferentes grados de dependencia de los seres humanos para sobrevivir. De entre ellas, los llamados cultivos principales han sido la base de los estudios sobre síndromes de domesticación (Chappel *et al.* 2013).

El hecho es que de un número relativamente grande de especies útiles para la alimentación solamente una proporción relativamente reducida (500 de 7000, esto es alrededor del 5-7% del total de las plantas con uso alimenticio potencial) han sido adoptadas al cultivo por la humanidad (figura 1). Resulta, pues, que la domesticación al punto de cultivo no parece ser un hecho demasiado común en términos del número de especies que han demostrado ser susceptibles a ser llevadas hasta este punto. Lo anterior parece indicar que existe un potencial o grado de susceptibilidad para la domesticación de las plantas, dependiendo de la interrelación entre características biológicas de las propias plantas, del ambiente en el que viven y del contexto cultural en el que se desarrollan (Gepts 2004). Más aún, el hecho de que no cualquier planta sea domesticada se ve reflejado en la contribución desproporcionada de ciertos géneros o familias al total de plantas domesticadas; de alrededor de 600 familias de plantas, sólo unas 160 contienen al menos una especie que ha sido domesticada en algún grado (Chappel *et al.* 2013) mientras que algunas familias como *Solanaceae* o *Poaceae* contienen decenas de especies que han sido domesticadas al punto de ser cultivadas sistemáticamente.

Pero el hecho de que sea poco probable que una especie de planta llegue a incorporarse al cultivo tendría además otra vertiente: las relativamente escasas novedades en la panoplia de cultivos que la humanidad ha generado. Así en los últimos 2000 años se han incorporado relativamente pocas especies nuevas al universo de plantas domesticadas (Diamond 2002; Duarte, Marbá y Holmer 2007) e incluso se puede hablar de que casi la mitad de nuestros cultivos actuales comenzaron a ser tales hace más de 4 mil años (Duarte, Marbá y Holmer



**Figura 1.** Fracciones del total de la diversidad vegetal para las que se tiene reportada alguna utilidad, uso alimenticio (no necesariamente de forma exclusiva), y domesticación al punto de incorporarse como cultivos principales.

2007) parecería como si una vez agotada esa ventana de tiempo se hubiese cerrado la temporada de incorporación de nuevas especies.<sup>2</sup>

Esta sería pues la primera paradoja que aparece en la superficie: existiendo miles e incluso decenas de plantas con utilidad reportada, sólo un par de cientos de ellas han podido ser domesticadas. Centrándonos por el momento en sus aspectos biológicos la hipótesis de que existe un potencial de domesticación (Gepts 2004) parece tener sustento.

<sup>2</sup> Este hecho no debe confundirse con la idea –falsa– de que la domesticación solamente habría ocurrido hace mucho tiempo y que en la actualidad nada acontece. En realidad, para muchas especies lo que ha ocurrido es que su domesticación a partir de poblaciones silvestres se ha dado en múltiples ocasiones a lo largo del tiempo.

La evidencia etnobotánica ha documentado el manejo contemporáneo de diferentes tipos de poblaciones silvestres de plantas que ya habían sido incorporadas en otras regiones al cultivo (Casas *et al.* 2007). Vale la pena señalar también el extremo opuesto, representado por el Género *Physalis* en México, al que pertenece el tomate verde; para esta planta se ha llegado incluso a identificar la incorporación extremadamente reciente de una especie nueva al cultivo comercial, de entre las decenas de especies del género sujetas a uso y manejo humano, *Physalis angulata* (Sánchez Martínez *et al.* 2008).

## *Una asombrosa diversidad intraespecífica*

Una vez que nos concentraremos en el relativamente estrecho universo de plantas que han sido domesticadas al grado de poder ser cultivadas sistemáticamente, podemos apreciar que existe una diversidad enorme dentro de cada especie. Así, en el mundo tenemos decenas o cientos de variedades de maíz, arroz, trigo, por citar granos básicos. El grado de variación que es posible encontrar en esas plantas domesticadas es tan grande que para Darwin (1859) resultó sumamente conveniente comenzar la exposición de su teoría a partir de los niveles de variación que hay en estado doméstico como referente para abordar posteriormente la variación en la naturaleza:

cuando observamos los individuos de la misma variedad o subvariedad de nuestras plantas y animales domésticos, una de las primeras cosas que nos llama la atención es que por lo general difieren mucho más entre sí de lo que lo hacen los individuos de cualquier otra especie o variedad en estado natural (Darwin 1859, 7).

Lo que era evidente ya desde la época de Darwin era que algo ocurre con las plantas y animales domesticados, algo hace que existan en ellos niveles de diferenciación fenotípica mucho mayores a los que se observan en estado silvestre. ¿Cuáles han sido los factores que subyacen a esa diversidad? ¿Cómo es que esta minúscula fracción de la biota que ha sido susceptible de ser domesticada ha sido también susceptible de acumular niveles superlativos de diferenciación entre razas, variedades criollas, etc.? Esas son unas preguntas que han capturado la atención de muchos científicos y que en la actualidad son objeto de muchas aproximaciones desde campos muy diversos, incluso aprovechando el desarrollo en las fuerzas productivas que ha significado la secuenciación masiva.

La notable diversidad de formas, colores, hábitos de crecimiento, etc. ha superado ampliamente los niveles más extremos de variación fenotípica observables en las poblaciones silvestres de estas plantas. Así, plantas como el chile o el maíz, crecen a altitudes muy superiores a las que crecen sus poblaciones silvestres, alcanzando en el caso del chile cotas superiores a los 2600 msnm (mientras que las poblaciones silvestres de *C. annuum* var *glabriusculum* se hallan circunscritas a altitudes menores a 1300 msnm; Aguilar Rincón *et al.* 2010) y en el maíz fácilmente se superan los 3000 msnm en milpas y campos de cultivo del altiplano central (mientras que sus parientes silvestres del género *Zea* se distribuyen en tierras bajas). Y al mismo tiempo tenemos que se alcanzan por igual extremos en la variación morfológica y fisiológica que trascienden los límites vistos en la naturaleza, hecho compartido con otros procesos de domesticación como el del perro, especie en la que el espacio de variación morfológica del cráneo supera ampliamente no sólo aquélla del lobo, sino que en algunas dimensiones

incluso supera la variación total observada al interior en los demás carnívoros (Drake y Klingenberg 2010).

Esta paradoja se exacerba cuando reparamos en el hecho de que esa diversidad morfológica, fenológica, fisiológica y genética se desarrolló en relativamente poco tiempo, en unos cuantos miles de años (figura 2). Los mecanismos genéticos implicados en esta rápida diversificación explican en parte la manera en que ella se dio. Es claro que muchos de los cambios en la arquitectura de las plantas domesticadas están relacionados con cambios en genes reguladores o, para usar una acepción más clara, en genes involucrados en redes de regulación (para una revisión véase Pickersgill 2009). El gen *tb1* en el caso del maíz (Doebley *et al.* 1995, 1997) es un caso clásico acerca de cómo modificaciones relativamente sencillas en los niveles de expresión de estos genes están involucradas en cambios dramáticos en la morfología de las plantas.<sup>3</sup>

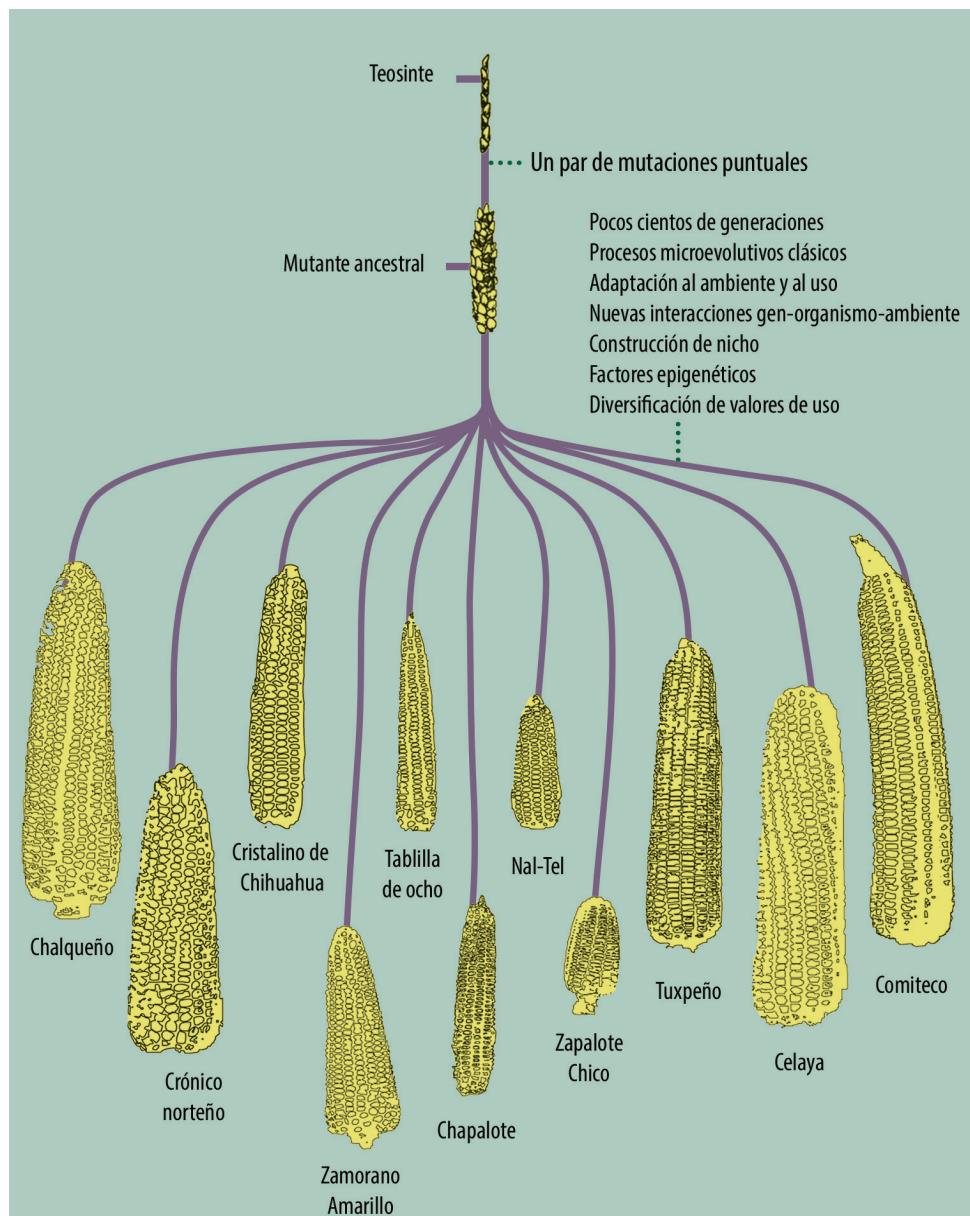
Ahora, el hecho de que existan mecanismos genéticos que hacen posible la existencia de procesos de diversificación rápidos, es condición necesaria pero no suficiente para explicar la rápida diversificación. La fracción de tiempo en que ha ocurrido la diversificación de los cultivos no tiene parangón en la naturaleza, pues resulta breve incluso desde el punto de vista del equilibrio puntuado postulado por Gould<sup>4</sup> e implica que en esa fracción de tiempo debieron operar diferentes mecanismos evolutivos que normalmente operan en escalas de tiempo más grandes. El resultado es que, en pocos miles, quizá incluso en cientos de años, muchos de los cultivos adquirieron diversidad fenotípica, de la cual las formas de los frutos, semillas y espigas es quizá su manifestación más impresionante (de nuevo, los casos del maíz, *Zea mays* —esquematizado en la figura 2— y el chile, *Capsicum annuum* en México son paradigmáticos).

### *Una contradicción: la pérdida contemporánea de diversidad*

Siendo éstas, pues, las paradojas de la domesticación, asistimos a un momento histórico peculiar en el que los últimos 100 o 200 años han estado marcados por una

<sup>3</sup> Stephen Jay Gould (2009) construyó un argumento interesante a partir de este hecho. Desde su punto de vista se abre la posibilidad de recuperar la metáfora del “monstruo esperanzado” como fuente de variación relevante, de manera que, por ejemplo, la mazorca con múltiples hileras de granos no habría evolucionado por la vía de la acumulación gradual de pequeñas diferencias, sino que habría surgido en un solo paso mutacional.

<sup>4</sup> Efectivamente, la teoría del equilibrio puntuado en evolución sostiene que es común que el cambio fenotípico (asociado además a la especiación) ocurra en períodos de tiempo breves en una escala de tiempo geológico, mas no necesariamente breves en términos del número de generaciones biológicas que ocurren dentro de esas decenas o cientos de miles de años, por lo que no necesariamente requiere invocar la ocurrencia de las llamadas macromutaciones. En este caso estaríamos hablando de mutaciones que alteran en el curso de unas pocas generaciones la morfología de una planta.



**Figura 2.** Ejemplo de diversificación de un cultivo desde la domesticación de una planta silvestre. Se utiliza el ejemplo de la diversidad morfológica de mazorcas de maíz en una pequeña parte de las más de 60 razas mexicanas de maíz. Los trazos simplificados de mazorcas de razas de maíces mexicanos fueron elaborados a partir de imágenes del catálogo de maíces mexicanos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, México).

reducción, más o menos sostenida en la diversidad de las variedades, razas y tipos de plantas domesticadas. Esta pérdida de diversidad podría leerse al menos en tres niveles: el de la extinción total de variedades, el de la erosión genética y el del incremento en la dominancia de especies o variedades en la producción agrícola.

En el primer nivel, la pérdida de variedades locales (las llamadas razas criollas o *landraces* en inglés), particularmente a raíz de la llamada “revolución verde” —misma que implicó un incremento sistemático y de aspiraciones mundiales en la capitalización del campo— implica un peligro (señalado ya por Haldane 1946) al disminuir no sólo la diversidad de nuestra base alimenticia, sino también la capacidad de respuesta ante nuevas enfermedades o plagas que pudiesen afectar los cultivos (Fowler y Mooney 1990, citado en McGucken 1991, en Steinberg 1999 y en Brush *et al.* 2003). Existe debate en torno al papel de la introducción de las semillas híbridas o mejoradas como causa de esta pérdida de diversidad<sup>5</sup> (Steinberg 1999; Brush *et al.* 2003). Sin embargo esta pérdida de diversidad es ampliamente reconocida y señalada como un riesgo importante para la humanidad (Imperial College of Science, Technology and Medicine 2002; Koeppel 2008; FAO 2010; Siebert 2011).

Por otra parte, la erosión genética no implica necesariamente la extinción de especies, pero sí acarrea un decremento en la variación genética presente al interior de un cultivo (FAO 2010),<sup>6</sup> disminuyendo, al menos potencialmente, su capacidad de adaptación, su resiliencia y su capacidad de respuesta ante nuevas circunstancias ambientales. Alrededor de 60 países reportaban a la FAO en 2010 la disminución en el número de variedades locales, o bien directamente una tendencia hacia la homogeneidad genética en uno o más cultivos comerciales. La FAO (2005) estima que entre 1990 y el año 2000 se perdió hasta 75% de las variedades tradicionales o criollas para varios cultivos, debido al incremento en la superficie cultivada con semillas de alto rendimiento. Se puede discutir si las cifras de la FAO son del todo exactas, pero lo que es claro es que estamos en medio de una tendencia generalizada de homogenización de la producción agrícola y, como discutiremos más adelante, ésta es reflejo de la homogeneidad impuesta por el mercado.

5 Los datos que se han generado en el contexto de este debate son reveladores tanto de la naturaleza de la contradicción entre el capitalismo como sistema y la diversidad, así como de los niveles de interacción que operan al interior del agro-ecosistema. Aunque su tratamiento detallado excede los alcances de este artículo, es importante señalar que, detrás de una aparente contradicción, la permanencia de muchas variedades locales como cultivos de autoconsumo es reveladora del papel de las comunidades campesinas en la conservación.

6 Resulta particularmente asombroso que la FAO hable indistintamente de la pérdida de genes individuales o de combinaciones de genes, cuando en realidad parece referirse a la pérdida de alelos (FAO 2010, 15). La distinción no es menor.

En el plano de la composición de los agro-ecosistemas, la tendencia a la homogeneidad se expresa en el incremento de la dominancia ecológica<sup>7</sup> de ciertas formas. La extinción completa de ciertas formas de cultivares sería un extremo de este incremento en la dominancia, en el cual algunas especies o variedades de este cultivo se vuelven las preponderantes en el cultivo y —de manera no causal, diremos después— en el mercado mundial. Se estima que apenas 103 especies de plantas aportan el 90% de las calorías que la humanidad consume (Dirzo y Raven 2003). Estas plantas producen además el grueso de las mercancías-especie (usando el término planteado por Prescott-Allen y Prescott-Allen 1990). La pérdida de diversidad en este sentido no tiene que ver solamente con la extinción de variedades sino con el hecho de que unos cuantos linajes, variedades de semillas (en ocasiones híbridas, en ocasiones incluso transgénicas) se han convertido en las más usadas, las predominantes a nivel global (Fowler y Mooney 1990 citados en Boege 2008). Sin embargo, este incremento en la dominancia que ocurre a escala global tiene un correlato en la medida en que, a nivel local o de pequeña escala, el siglo XX podría ser caracterizado como uno marcado por la expansión de distintas formas de monocultivo a expensas de los sistemas de policultivo (como las milpas mexicanas) en los que coexisten varias especies y por ende se mantiene una mayor diversidad no sólo a nivel intraespecífico (por ejemplo, muchas variedades de maíz), sino interespecífico (maíz, frijol, calabaza, chile, tomate, etc. coexistiendo en espacio y tiempo).

El riesgo que esta pérdida implica ha sido el argumento central que ha justificado una serie de esfuerzos de conservación *ex situ* en los cuales el *Global seed vault* es el más famoso y quizá también el más cuestionado. Pero más aún, es tan grande la disminución en la diversidad y el incremento en la dependencia de unas cuantas especies para la dieta urbana moderna, con la consecuente homogenización no sólo de lo que se cultiva sino también de lo que se come que incluso Harris (2012) se ha aventurado a caracterizar a la historia de la agricultura como la historia del proceso de pérdida de diversidad en la alimentación humana:

<sup>7</sup> En términos muy generales, en ecología de comunidades, la dominancia se refiere al hecho de que una especie es la más abundante en una comunidad determinada y es al mismo tiempo, la que ejerce una mayor influencia en las características generales del hábitat y productividad de esa comunidad. Desde que el concepto de dominancia fue planteado originalmente por Whittaker (1965), diversos autores han abordado el problema metodológico y conceptual de cómo medir de mejor manera la dominancia (por ejemplo, eligiendo entre el número de individuos o la cobertura vegetal como variables relevantes). Lo relevante para esta discusión es que los monocultivos serían un ejemplo de una comunidad con una dominancia mayor, mientras que en un policultivo, la presencia de individuos de varias especies, al hacer más heterogénea la comunidad (es decir, más diversa), disminuye la dominancia ecológica.

el surgimiento y establecimiento de los sistemas agrícolas del mundo puede ser visto en retrospectiva como un proceso muy gradual en el que, a lo largo del Holoceno, la humanidad se volvió cada vez más dependiente para su alimentación de cada vez menos especies de plantas y animales domésticos, al grado de que hoy sólo tres cereales, el arroz, el trigo y el maíz, proveen la mayor parte de la energía que los humanos obtenemos de las plantas (Harris 2012, 21).

Otros autores, como Wells (2010) terminarían viendo a la revolución neolítica como una especie de maldición, culpable, en sí misma, de los males que aquejan a la salud en las sociedades contemporáneas. Pero hay algo extraño en muchas afirmaciones de este tipo. ¿Cómo sería posible que un proceso que originó una diversidad de formas cultivadas enorme, pueda al mismo tiempo ser caracterizado como un proceso que ha empobrecido la dieta de la humanidad? Quizá la respuesta estriba en que se trata de dos procesos distintos, quizás el incremento en la dependencia de una pocas especies para la alimentación y la disminución de la diversidad no son, como parece desprenderse de la afirmación de Harris (2012), estrictamente graduales a lo largo de todo el Holoceno (últimos 10 mil años); quizás hay un cambio cualitativo que ocurre en los últimos siglos; más aún, es posible que si intentamos caracterizar ese cambio cualitativo, podamos comprender por qué se suceden en primera instancia una diversificación sin parangón en la naturaleza y luego, una pérdida de diversidad intra e interespecífica, de la cual la homogenización de la dieta humana es algo más que un correlato. Para caracterizar este cambio cualitativo, integrado por las continuidades y discontinuidades que se establecen en la domesticación, parece conveniente considerar dos planos de existencia de las plantas domesticadas, buscando las preguntas de por qué solamente un grupo de plantas fue susceptible de ser domesticado y de cuáles son los procesos que han mediado en la generación de la diversidad. Estos planos se entrelazan en la vida real y deberían entrelazarse en los esfuerzos por analizar y comprender esa realidad.

## Planos entrelazados de la genética de poblaciones a la dimensión política del valor de uso

### *Domesticación/diversificación desde la biología*

El proceso de domesticación ha implicado una serie de cambios relativamente abruptos en las plantas, incluyendo el pasar por cuellos de botella demográficos (Purugganan y Fuller 2009) que implicaron que solamente una fracción pequeña —incluso por mero azar— de las poblaciones naturales de la plantas de cada especie fuese tomada inicialmente para la formación de las poblaciones de plantas

domesticadas. Estos cuellos de botella, incluso siendo transitorios, han tenido un efecto en la composición genética de las plantas cultivadas (véase, por ejemplo, Van Herwardeen *et al.* 2011); revisiones recientes sugieren que la intensidad de los cuellos de botella en la domesticación ha sido variable, siendo menor en plantas perennes, como los frutales (Miller y Gross 2011; Meyer y Puruganan 2013). Al mismo tiempo, los análisis evolutivos realizados para diferentes cultivos muestran que las presiones de selección, tanto natural como artificial, fueron muy intensas y que han dejado una huella en la conformación genética de las plantas domesticadas; el proceso ha sido bien estudiado por la genética de poblaciones desde su origen en los años 1930 (Haldane 1924-1934).

La intensidad de estos procesos de deriva y selección fue de tal magnitud que muchas especies comestibles probablemente no resistirían atravesarlos, lo cual marca una reducción en el universo de plantas en las que los seres humanos pudieron desarrollar la selección artificial. Si bien no es la única característica necesaria, la presencia de variación genética ha sido considerada como un elemento necesario para que la domesticación haya podido ocurrir, lo cual reduciría el universo de plantas con posibilidad de ser domesticadas (Gepts 2004). Desde un punto de vista estrictamente selectivo, la domesticación implicaría la adaptación inusitadamente rápida a ambientes nuevos.

La catástrofe ecológica que ha sacudido al planeta en los últimos 300 años, con tasas de extinción nunca antes vistas, indica que una gran cantidad de seres vivos (incluyendo a las plantas) no necesariamente resisten el paso por cuellos de botella o presiones de selección demasiado intensos, corroborando de forma trágica la predicción teórica establecida por Haldane (1957) acerca de la existencia de un “costo de la selección”. Biológicamente, la variación ya presente en las poblaciones silvestres de plantas habría actuado favorablemente, permitiendo el desarrollo del proceso de domesticación (esta variación fue reordenada extensamente en el mismo proceso, véase por ejemplo, Van Herwardeen *et al.* 2011) y de hecho sus tamaños poblacionales de las plantas domesticadas tendieron a incrementarse enormemente (por ejemplo, en cada hectárea se siembran decenas de miles de plantas de maíz), permitiendo el surgimiento de más variación y la operación eficiente de los procesos selectivos.

Por otra parte, tenemos que algunas de las modificaciones o adaptaciones al cultivo de las plantas domesticadas resultan contra-intuitivas desde el punto de vista de la sola adecuación<sup>8</sup> en el sentido biológico. Efectivamente, el llamado

<sup>8</sup> La adecuación (palabra adoptada en la biología a partir de la traducción laxa del inglés fitness) es la categoría y coeficiente que describe la capacidad relativa de sobrevivencia y reproducción de un fenotipo, en el caso de la genética de poblaciones de un genotipo asociado a un fenotipo en un ambiente determinado. Propia de la ecología y de la genética de

síndrome de domesticación (Harlan 1975; Gepts 2004; Fuller y Allaby 2009) ha implicado en su forma clásica: la pérdida o disminución de la capacidad de dispersión por medios naturales al modificarse por ejemplo, el tamaño y la composición de los frutos; la reducción o pérdida de defensas químicas a través de metabolitos secundarios es un rasgo común en las plantas domesticadas (particularmente interesantes a este respecto serían los casos del tomate verde y del chile en México) que abre el paso a niveles de herbivoría superiores a los observados en la naturaleza; reducción en el número de flores por planta en aras de un número menor de frutos más grandes (ventajoso desde el punto de vista de quien cosecha, desventajoso desde el punto de vista de la fecundidad en sentido estrictamente ecológico); la modificación relativamente rápida de los sistemas de polinización debido a cambios en las características de las flores; perdida de la capacidad de formar bancos de semillas en el suelo (característica que en la naturaleza permite a muchas plantas germinar solamente una vez que las condiciones naturales son adecuadas).

Muchos de los cambios asociados a la domesticación han implicado modificaciones sustanciales en los patrones de historia de vida de las plantas domesticadas, al transitar de ambientes con relativa escasez de algunos recursos como agua o nutrientes, a ambientes en los que la actividad humana incrementa su disponibilidad, modificando el régimen selectivo al que las plantas están expuestas (Denison *et al.* 2009 McKey *et al.* 2012). Este cambio en el ambiente o esta antropización del ambiente, si se quiere, ocurre y ha ocurrido al nivel de las modificaciones en la composición de los ecosistemas conforme son manejados por los seres humanos (a lo cual se ha llamado a veces “domesticación del ambiente” citado en McKey *et al.* 2012); este manejo, sostendremos más adelante, forma parte de un proceso más amplio, en el que también encontramos a la selección artificial. En el contexto del cultivo, las modificaciones asociadas a la domesticación han sido mediadas de manera importante por el proceso de selección artificial que, entre otras cosas, ha moldeado la composición genética de las poblaciones de plantas domesticadas. Ahora, si bien el proceso de selección artificial es similar al de selección natural, por lo menos en sus consecuencias, y ello posibilita usar el mismo aparato matemático para estudiarlo, parece haber algo más, un cambio cualitativo que justifica la existencia de una categoría tal como la selección artificial. Si bien la diversidad de formas cultivadas refleja

poblaciones esta categoría denota la contribución relativa promedio de un cierto tipo de organismos de una población (agrupados por su fenotipo o genotipo) a la siguiente generación; en el caso de la genética de poblaciones puede verse como la contribución relativa promedio de un genotipo a la población de genes (pool genético) de la siguiente generación. La adecuación es una propiedad estadística, no determinista, que por tanto tiene sentido sólo en un contexto poblacional.

en parte la diversidad ambiental,<sup>9</sup> la diversidad biológica de las razas criollas parece ir más allá de la adaptación biológica, al menos en su sentido más reduccionista (i.e. como adaptación a un medio externo como resultado de la selección natural). Ha habido un límite y no se alcanza a explicar la variación como resultado de la pura selección natural en función de variables ambientales. Para algunos autores la selección artificial sería un mero caso particular de la selección natural en el que los seres humanos seleccionan en función de un solo criterio, el incremento en la cosecha, mediado porque una planta pueda desarrollarse bien a una cierta altitud, condiciones de humedad, etc. Si esto fuese así, la agro-biodiversidad sería un simple correlato de la diversidad de variables del medio físico. Desde esa perspectiva la selección artificial sería solamente un proceso de adaptación a un ambiente antropizado o bajo manejo humano entendiendo este manejo como un mero cambio en las variables del medio físico, heredando así un concepto de ambiente cuyas raíces podemos trazar a la obra de Darwin y a la separación que él hizo del organismo y el ambiente como entidades completamente separadas. Este paso significó en 1859 una revolución conceptual, pero como han señalado diferentes autores (Lewontin 2000; Odling-Smee *et al.* 2003; Jablonka y Lamb 2006) no necesariamente se ajusta a lo que sabemos hoy en día sobre las diversas líneas de interacción entre el organismo y el ambiente.

¿En función de qué otra cosa se selecciona cuando se hace selección artificial? Si se hace tabla rasa de la historia, el único criterio de selección aplicado por los seres humanos habría sido desde siempre el incremento de la magnitud de las cosechas. Si bien la selección a favor de un incremento en las cosechas debió ocurrir (nadie en su sano juicio sembraría un campo para no poder cosechar nada), suponer que es lo único que ha ocurrido corresponde con un discurso ideológico que en realidad nos diría que la mercancía propiamente capitalista ha sido la única forma de existencia material y que el valor de cambio —magnitud escalar— subsumiría desde siempre al valor de uso. ¿Ha sido realmente así?

### *Valor de uso y cultura*

Pero al mismo tiempo aparece otra dimensión sin la cual es imposible comprender el proceso de domesticación y en ello estriba la relevancia de un enfoque interdisciplinario. Incluso la actividad más temprana de las sociedades de cazadores y recolectores implicó modificaciones al medio ambiente. Desde un punto de vista estrictamente naturalista parecería que esas modificaciones solamente

<sup>9</sup> Y con ello una diversidad de formas de manejo del agro-ecosistema, asociadas a diferentes modos de organizar la producción y como parte del desarrollo de la propia diversidad cultural.

implicaron un cambio cuantitativo por el grado en el que afectaron ese ambiente y en el que, por ejemplo, se favoreció (y se favorece) la proliferación de ciertas plantas que habían evolucionado durante millones de años como ruderales;<sup>10</sup> así, al incrementarse el grado de perturbación por parte de la actividad humana, esas plantas tendieron a proliferar cerca de los seres humanos y éstos a su vez tendieron a fomentarlas. Este fomento o promoción consciente del crecimiento de una planta es clave en la definición de lo que los agrónomos llaman una planta arvense, condición en la que es común encontrar poblaciones de plantas como chiles (*Capsicum annuum*), tomates verdes (*Physalis philadelphica*), quelites (*Chenopodium* sp.) etc., a veces incluso como parte de gradientes o procesos contemporáneos de domesticación (por ejemplo Casas *et al.* 2007). La evolución de las plantas domesticadas en ambientes bajo la influencia humana ha sido categorizada correctamente como un proceso coevolutivo (Diamond 2002; Purugganan y Fuller 2009); esta coevolución ocurre en el marco de agro-ecosistemas complejos, entre los cuales las milpas mexicanas son quizá uno de los mejores ejemplos.<sup>11</sup>

Lo que distinguiría estas modificaciones ambientales ocasionadas por el ser humano no sería solamente su intensidad o magnitud, sino el hecho de que al realizar estas perturbaciones, incluso al nivel de la caza y recolecta, los seres humanos llevan a la realidad un proyecto de sí mismos, lo cual permite hablar de un *telos*, de una intencionalidad, de un propósito propiamente dicho en la actividad del animal humano como señaló Marx en los manuscritos de 1844, esto que no está presente en otros procesos evolutivos. Este elemento es importante, pues si bien todos los seres vivos llevan a cabo la construcción de su nicho al integrar a través de procesos fisiológicos las variables del ambiente (tanto físico-químicas como de orden biótico) y al modificar a través de su propia acción ese mismo medio, en el caso del manejo humano de los agro-ecosistemas la existencia de un propósito, de una búsqueda por reproducir la propia identidad de las colectividades humanas se constituiría en una dimensión o propiedad emergente del sistema. Habría pues, una relación de conti-

<sup>10</sup> Plantas que tienen una distribución discontinua en tiempo y espacio, que proliferan en lugares donde ocurre una perturbación, sea natural (incendios, caídas de árboles viejos, relámpagos, etc.).

<sup>11</sup> “A diferencia de la agricultura industrial a gran escala, que produce sus monocultivos en grandes extensiones y terrenos planos preferentemente con riego, la mayoría de los productores de milpa cultivan sus terrenos en unidades de menos de cinco hectáreas, en la montaña y con un sistema de temporal sujeto a las vicisitudes del clima y de las plagas. Para asegurar la cosecha, la agricultura mesoamericana no desarrolló grandes sistemas de riego ni monocultivos. Su principal estrategia productiva fue “botánica”, en el sentido de desarrollar las variedades de una misma planta para enfrentar cualquier contratiempo, y a su vez asociarlas con otras especies.” (Boege 2008, 42).

nuidad/discontinuidad respecto al fenómeno biológico general de construcción del nicho.<sup>12</sup>

Así, podemos revisitar la selección artificial como categoría clave que permitiría entender el proceso de domesticación y diversificación. Efectivamente, las plantas domesticadas se distinguirían no solamente por evolucionar en ambientes manejados por los seres humanos sino porque dicho manejo y selección ocurren, a diferencia de lo que pasa en la naturaleza, con un propósito o *telos* y porque, en la forma en la que se actualiza dicho propósito en cada ciclo de reproducción de la vida social, se gestarían no sólo ciertas toneladas de alimento o mercancías, sino, particularmente en sociedades productoras de valores de uso, formas particulares de consumo.

En ocasiones se homologan los términos “selección artificial” y “crianza selectiva”;<sup>13</sup> sin embargo algunos autores (Gepts 2002) han señalado que existen, por lo menos distinciones de grado entre el proceso de selección artificial que originó la domesticación durante la revolución neolítica (selección artificial, diríamos nosotros, que hasta cierto punto puede rastrearse como un continuo a algunas comunidades agrícolas contemporáneas), la crianza selectiva “clásica” o mendeliana y la ingeniería genética de fines del siglo XX e inicios del XXI. Sin embargo, incluso estas distinciones resultan incompletas si no se atiende el contexto específico, por ejemplo, de relaciones de producción en las que surgió cada una de estas tres prácticas y cuál ha sido el sujeto social que ha articulado cada una de ellas.

Así, los estudios recientes sobre la genética y genómica de la domesticación

12 La construcción de nicho en términos muy generales es el proceso mediante el cual los diferentes organismos vivos integran de una manera particular las diferentes condiciones ambientales que enfrentan (lo cual implica que cada uno responde de manera diferente al mismo conjunto de variables del medio externo) y al mismo tiempo, a través de su acción a diferentes niveles (ecológico, fisiológico, etológico) genera modificaciones en esas condiciones ambientales. Esto puede ocasionar cambios importantes en las presiones de selección que los organismos enfrentan, por lo que la relevancia de la construcción del nicho en la evolución no debe subestimarse.

Autores como Odling-Smee *et al.* (2003) han extendido la línea de argumentación planteada a este respecto por Lewontin (2000), enfatizando los elementos de continuidad que existirían entre la construcción de nicho y la formación de cultura entre los seres humanos. La discusión detallada de este planteamiento de Odling Smee *et al.* (2003), no es el objetivo central de este artículo; en lo sucesivo me centraré en los elementos de discontinuidad o propiedades emergentes que aparecen en la formación de cultura y que es necesario incorporar en el análisis.

13 Ver por ejemplo:

[http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Artificial\\_selection.html](http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Artificial_selection.html)

[http://en.wikipedia.org/wiki>Selective\\_breeding](http://en.wikipedia.org/wiki>Selective_breeding)

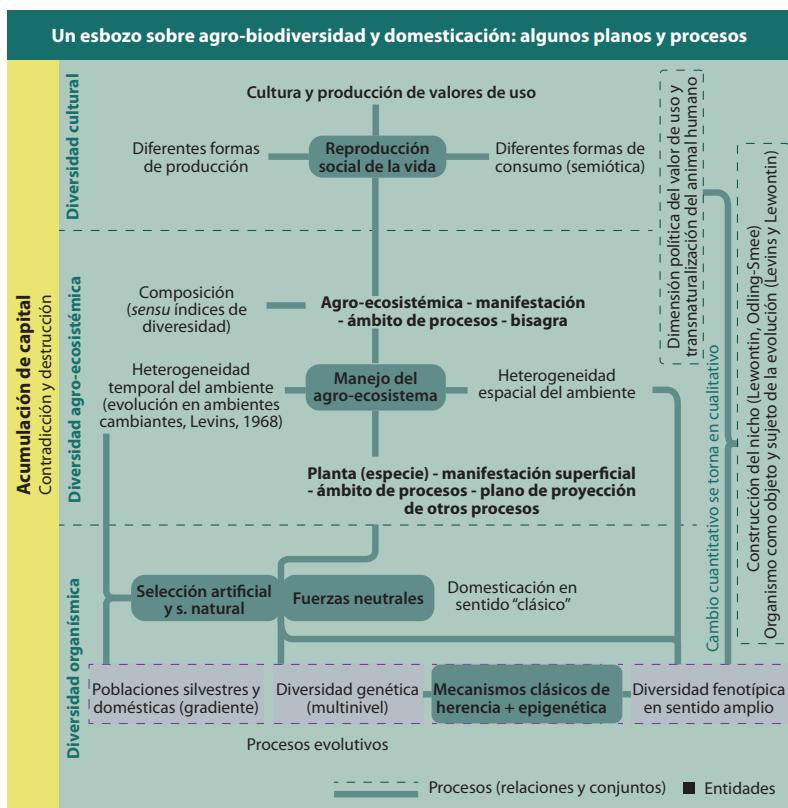
<http://learn.genetics.utah.edu/content/variation/corn/>

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/533167/selective-breeding>

han aportado evidencia interesante acerca de las huellas que dicho proceso ha dejado en el terreno de ciertas adaptaciones a ambientes particulares, así como la detección de regiones del genoma que han estado sujetas a diferentes presiones selectivas (ver por ejemplo, Doebley *et al.* 2006; Van Heerwaarden *et al.* 2011; Hufford *et al.* 2012). Esto ha sido posible gracias a que el desarrollo actual de las fuerzas productivas ha permitido que la capacidad del aparato científico-técnico para generar datos genómicos diera un salto cualitativo debido a la introducción de tecnologías de secuenciación masiva (Mardis 2008; Glenn 2011). El paso a utilizar dichas tecnologías para analizar los patrones de variación genética neutrales y selectivos en organismos domésticos ha sido casi inmediato (Tang *et al.* 2010; Groennen *et al.* 2012; Hufford *et al.* 2012) y ha utilizado diversas herramientas estadísticas sólidas que permiten ubicar correlaciones, patrones debidos a procesos neutrales, patrones de disminución en la variación debidos a procesos selectivos e incluso ha habido una búsqueda por sondear la asociación de variantes genéticas a condiciones ambientales particulares (Ross Ibarra *et al.* 2007).

Sin embargo, la genética de poblaciones contemporánea ha abordado sólo de manera superficial el papel de la selección artificial asociada a la producción de valores de uso específicos como agente causal de parte de la diversidad encontrada a diferentes niveles en las plantas domesticadas. No es posible entender cabalmente las diferencias cualitativas que planteó desde un primer momento la selección artificial si se le considera como un mero exacerbamiento del proceso de reproducción y sobrevivencia diferencial que se observa en la naturaleza, si se le considera, digamos, un mero caso particular de la selección natural. La selección artificial ocurre en el contexto de un proceso de orden distinto, el trabajo, y forma parte de la conformación de un mundo propio por los seres humanos tal que cuando no se da de manera enajenada alcanzaría su mayor potencial creativo y su carácter propiamente humano (Marx 1844). En ello radicaría el carácter propiamente político de la domesticación y diversificación de las plantas.

En el proceso de selección artificial ha jugado un papel central la formación de valores de uso diversos, y esta formación de valores de uso ha tenido, usando la categoría de Bolívar Echeverría, una “dimensión política” (Echeverría 1998; 2001), por cuanto en ese proceso se ha gestado la diversidad cultural. Partiríamos de la hipótesis de que las comunidades agrícolas no seleccionan únicamente las plantas en función de una magnitud escalar (la cantidad de toneladas por hectárea que se pueden obtener), sino también en función de una dimensión compleja que tiene que ver con la forma en que se pretende realizar el consumo. Así, el proceso de selección artificial puede verse desde una perspectiva dialéctica como un proceso vivo, que mantiene activamente —y no de una manera



**Figura 3.** Esbozo de un marco conceptual interdisciplinario que abarcaría diferentes planos en los que ocurre la diversidad agro-biológica y algunos de los procesos o líneas de tensión que vinculan estos planos. La acumulación de capital es un proceso que establece una relación de destrucción y/o de refuncionalización de esos planos de existencia, lo que ha dado como resultado histórico una destrucción de la diversidad en cada uno de ellos. Se indican las referencias a algunos trabajos que han abordado algunos procesos especialmente significativos desde el punto de vista biológico.

esencialista o estática— la diversidad de razas, variedades y formas cultivadas de diversas plantas (figura 3). Si bien los procesos selectivos tienen una huella o consecuencia genética, no puede reducirse la causalidad de dicho proceso a la sola genética (Gould 2001b). La diversidad de un maíz o chile en la Península de Yucatán, no estaría dada solamente por la adaptación a condiciones ambientales locales (siendo estas comparativamente homogéneas en esa península) sino que podemos conjeturar que estaría asociada con los distintos tipos de valores de uso cuya formación subyacería como causa histórica de la diversidad y se trenzaría con diferentes niveles de diversidad biológica y cultural:

producir y consumir transformaciones de la naturaleza resulta ser, simultáneamente y sobre todo, ratificar y modificar la estructura concreta de la socialidad. Dos procesos en uno: en la reproducción del ser humano, la reproducción física de la integridad del cuerpo comunitario del sujeto sólo se cumple en la medida en que ella es reproducción de la forma política (*polis*) de la comunidad (*koinomía*) (Echeverría 1998, 167).

Si esto es así, incluso la aplicación de las técnicas estadísticas propias de la genómica de poblaciones —yendo más allá de la tradicional búsqueda de correlación de la variación genética con variables ambientales relativamente obvias, esto es incorporando como datos relacionados por ejemplo con la forma de consumo o las prácticas de manejo asociadas a un cierto cultivo—, podría resultar en explicaciones menos reduccionistas del origen de la diversidad en los cultivos. Ello podría ser un punto de partida para comprender la forma en la que la diversidad cultural y la diversidad agrícola han “venido a ser” juntas, que es otra forma de decir, un punto de partida para comprender las particularidades del proceso de coevolución de los seres humanos y sus agro-ecosistemas.

Esto hace posible plantear que, al seleccionar determinadas plantas para el cultivo de un año a otro, las comunidades agrícolas (es decir, no siempre *farmers* del medio oeste de EEUU ni siempre compañías productoras de semillas) seleccionaron no solamente características que garantizaban una mejor sobrevivencia del cultivo en una condición ambiental determinada (incrementando con ello volúmenes de cosecha), sino que han gestado diversas identidades, diversas culturas en las que la pertinencia de una variedad local estaría dada no solamente por su adaptación a una condición climática dada, sino por su pertinencia respecto a cierta forma de consumo.

El consumo produce a la producción de dos maneras: 1) en tanto el producto se hace realmente producto sólo en el consumo. Un vestido, por ejemplo, se convierte realmente en un vestido a través del acto de llevarlo puesto; una casa deshabitada no es una verdadera casa; a diferencia del simple objeto natural, el producto se afirma como producto, el consumo le da el *finishing stroke* [la última mano] pues el resultado de la producción es producto no en tanto actividad objetivada, sino sólo como objeto para el sujeto actuante; 2) en tanto el consumo crea la necesidad de una nueva producción y por lo tanto el móvil ideal de la producción, su impulso interno que es su supuesto (Marx 1997 [1857], 41).

La producción de valores de uso en el contexto de las comunidades campesinas tendría que ver justamente con esta naturaleza acoplada de los procesos de producción y consumo. Los criterios de selección de semilla y de manejo de los agro-ecosistemas como sistemas productivos se darían en función no solamen-

te de incrementar la masa de bienes de consumo disponibles, sino que han estado orientados también por la necesidad de crear valores de uso específicos, adecuados a cierta forma de reproducción de la vida social, una reproducción de la vida social que por supuesto no es una repetición mecánica o una copia fiel sino que cambia en el tiempo.

Esto incide en el plano de la formación de la diversidad de los cultivos generando una multiplicidad de formas, sabores, colores de las partes útiles, texturas, etc., diversidad que es generada y mantenida como parte de la necesidad humana de satisfacer no solamente una necesidad fisiológica o de ingesta calórica, sino también la creación de un mundo o cosmos propio, una habitación propia (usando la expresión de Gould 2001a). Las distintas maneras de usar un producto del campo y las diferentes variedades de cultivos, surgieron juntas, como resultado del proceso transformador, cultural, llevado adelante por muchas comunidades. El eje que atraviesa este proceso es la creación de valores de uso propios. Así, junto a cada cultivo se diversificó la comida, el baile, la música, la propia vida humana, y surgió al menos parte de la diversidad cultural.

En el proceso de reproducción humana estas sustancias aparecen, sin embargo, olvidadas a ofrecer una determinada forma. Si el conjunto de sustancias alimenticias no estuviese ordenado de una determinada forma, preparado de una determinada manera, si no hubiese satisfacción no sólo del aspecto físico sino sobre todo de la forma, de aquello que subordina lo físico a lo político; si no satisficiera este requerimiento aparentemente ocioso, no podría cumplir la función a la que está destinado desde la perspectiva meramente funcional o fisiológica (Echeverría 2001, 166).

Evidencia arqueológica reciente ha mostrado un uso y manejo temprano de plantas como condimento (Saul *et al.* 2013). Así hace unos 6000 años localidades de la costa norte de Europa, donde apenas se estaba dando la transición de sociedades cazadoras recolectoras a grupos agricultores, y por ende el proceso de domesticación era incipiente, existía ya un uso importante de una especie como *Alliara petiolata* (Saul *et al.* 2013). Esto quería decir que, incluso en etapas de transición, en las que la escasez real de alimentos podría haber sido un factor muy relevante en la organización de la producción, los grupos humanos buscaban ya la satisfacción de estos requerimientos aparentemente ociosos de los que hablaba Bolívar Echeverría (1998; 2001) y que aún en esta etapa temprana sería correcta la afirmación de que la producción/consumo de objetos útiles es al mismo tiempo producción/consumo de significaciones.

Por otra parte, tenemos que una revisión reciente (Meyer, DuVal y Jensen 2012) encontró que el rasgo más frecuentemente modificado en las plantas

domesticadas es la producción de metabolitos secundarios (habiendo ocurrido en el 66% de las plantas que analizaron Meyer y colaboradores), incluso por encima de los elementos clásicos del síndrome de domesticación (como la retención de las semillas). El hecho es relevante porque los metabolitos secundarios de las plantas, además de desempeñar un papel como defensas químicas ante parásitos y herbívoros, afectan de manera importante las propiedades organolépticas como sabor u olor de las plantas. De nuevo, esta evidencia soporta la hipótesis de que el proceso de domesticación estaría mediado por algo más que el incremento en la magnitud de las cosechas o en el volumen total de comida disponible.

Por último, en el campo de la etnobotánica múltiples estudios han demostrado la prevalencia en algunas localidades de variedades de maíz, que siguen siendo sembradas a pesar de no tener los rendimientos más altos. Si bien una interpretación de este hecho ha sido minimizar el papel de la introducción de variedades comerciales en la pérdida de diversidad (por ejemplo, Bellon 1996). Otras líneas de evidencia, apuntan a que es la relevancia cultural e incluso religiosa que ciertas variedades de maíz tienen para las comunidades locales el factor clave de su persistencia y que es la destrucción de esos elementos culturales lo que ha determinado la desaparición de los campos de ciertas variedades locales de maíz (Steinberg 1999).

Por supuesto, la relevancia de la búsqueda de formas adecuadas al consumo como motor de la diversificación de las variedades domesticadas no implica que ésta haya sido completamente libre en el sentido de que sea posible la generación de cualquier forma cultivada imaginable. Como hemos discutido en la sección anterior, existen una serie de limitaciones biológicas al proceso de domesticación sobre las cuales el trabajo humano establece una suerte de "línea de tensión" entre la variación presente en la naturaleza, sus límites y alcances, y la forma particular que la reproducción humana requiere que la naturaleza tome. Así, la expansión del intervalo altitudinal del chile de los 0-1300 metros sobre el nivel del mar a los más de 2300 msnm a los que se cultiva el Chile Pasilla Mixe, por citar un ejemplo extremo, estaría mediada no solamente por la necesidad de incrementar la producción o por el efecto aleatorio sobre las condiciones del medio en el que se desarrollan estas comunidades campesinas, sino que sería parte de un proceso de creación y recreación de una identidad cultural propia.

Lo importante de esta hipótesis es que permitiría construir ruta, que se puede trazar a través de Darwin y Vavilov, abordando el problema de la domesticación desde la teoría evolutiva y que llegaría hasta el plano de la dimensión política del valor de uso (Echeverría 1998).

## Revisitar la contradicción

El proceso de pérdida de diversidad de los cultivos es particularmente acelerado y marcado en el transcurso del último par de siglos. Durante este periodo la diversidad de las plantas cultivadas ha estado sujeta a una constante erosión en la que constantemente decenas de variedades locales alrededor del mundo desaparecen conforme se expande la agricultura industrial.<sup>14</sup> Pero, ¿es esta pérdida de diversidad un resultado inevitable del proceso de la domesticación *per se* o de la agricultura en cuanto tal? Recuentos como el de Harris (2012), parecen suponer que esto es así. Sin embargo, el hecho de que esta erosión se ubique en una época histórica específica quizá nos permita revisitar la contradicción echando mano de los elementos que hemos desarrollado hasta aquí.

Uno de los cambios más notables que se ha operado en los últimos dos siglos respecto a la producción de alimentos es la preponderancia cada vez mayor de una forma peculiar de existencia de los mismos: su existencia como mercancías específicamente capitalistas. Es decir, la agricultura que como actividad había existido para la humanidad desde hace miles de años, se incorpora en los últimos dos siglos a una forma particular de reproducción de la vida social.

De manera contrastante con otras formas de reproducción de la vida social, el capitalismo implica que la forma de valor subordina a la forma natural en la producción de objetos útiles (valores de uso). Esto ha implicado una inversión de la manera como se estructura la reproducción de la vida misma. Efectivamente, si lo que distinguiría al animal humano sería que el proceso de producir los alimentos para la supervivencia es a la vez la búsqueda de producir significados, esto es, la búsqueda de construir la propia identidad como un proyecto inacabado, esto realmente sería la guía que origina el surgimiento de la diversidad en los planos tanto cultural como biológico. En contraposición a esto, tenemos que, con la constante expansión (en extensión y profundidad) del mercado capitalista, esa diversidad de formas quedaría subsumida o subordinada al *telos* o propósito fundamental del valor valorizándose,<sup>15</sup> de la acumulación capitalista como eje de la reproducción social misma.

¿Quiere decir esto que la forma mercantil habría estado al margen del pro-

<sup>14</sup> Ver por ejemplo: Koeppel (2008, 304) Siebert (2011) Imperial College of Science, Technology and Medicine (2002).

<sup>15</sup> "En su condición de vehículo consciente de ese movimiento, el poseedor de dinero se transforma en capitalista. Su persona o, más precisamente, su bolsillo, es el punto de partida y de retorno del dinero. El contenido objetivo de esa circulación —la *valorización del valor*— es su fin subjetivo, y sólo en la medida en que la creciente apropiación de la riqueza abstracta es el único motivo impulsor de sus operaciones, funciona él como capitalista, o sea como capital personificado, dotado de conciencia y voluntad. Nunca, pues, debe considerarse el valor de uso como fin directo del capitalista." Marx (1869, 186), las cursivas son mías.

ceso de formación de la diversidad de los cultivos? ¿O bien que esta diversidad sólo existe allí donde los productos de la agricultura no forman parte de ningún mercado? No, o por lo menos esa no es nuestra hipótesis, pero sí lo es que al menos en el contexto de la producción de mercancías simples (y en el caso de la producción de valores de uso de una forma no mercantil esto cobraría aún mayor validez) la producción toda se halla orientada hacia la producción de valores de uso, y demanda por parte de los sujetos sociales de que esos valores de uso tomen las formas específicas que se espera de ellos y que puedan incidir sobre la realidad de los objetos producidos:

la propia producción, en toda su construcción, se orienta hacia el valor de uso y no al valor de cambio y por ello es sólo en virtud de su excedente por encima de la medida en que los valores de uso son requeridos para el consumo, que ellos cesan de ser tales y se convierten en medios para el intercambio, en mercancías (Marx 1981 [1859], 34).

Y aquí sería importante recordar que el proceso de expansión y profundización de las relaciones capitalistas de producción implica entre otras cosas dos procesos complementarios: 1) la transformación de mercancías simples (como las que puede vender un campesino directamente en el mercado local) en mercancías propiamente capitalistas (cuya venta realiza el plusvalor para un capitalista o conjunto de éstos) y 2) la transformación de bienes que no eran mercancías en mercancías en cuanto tales. Ese sería el proceso novedoso, ausente en los siglos o milenarios previos en los que se gestó la diversidad agro-biológica<sup>16</sup> y éste sería también el proceso que entra en contradicción con una serie de espacios —en el sentido social y también en el sentido meramente cartográfico del término— donde las relaciones sociales no terminan de adecuarse a los intereses de esa acumulación capitalista.

Allí donde los campesinos siguen decidiendo —muchas veces de forma colectiva— sobre la tierra, allí donde la gente común y corriente ejerce aún el control sobre qué y cómo se siembra, aparecen diversos grados de obstáculo al neoproductivismo que avanza en la punta de la modernidad capitalista.<sup>17</sup> Este

<sup>16</sup> Cuando se habla de diversidad agro-biológica, no nos estamos ya refiriendo solamente a la diversidad de las plantas domesticadas. Esta diversidad sería una especie de espejo, un plano sobre el que se proyectan otras dimensiones de la diversidad junto con las cuales la diversidad de los cultivos formaría un todo orgánico en el mejor sentido dialéctico del término. Por diversidad agro-biológica nos referiríamos entonces también a la diversidad agro-ecosistémica, mediada por diferentes prácticas de manejo, incluyendo milpas (y otras formas de policultivo), traspatios, humedales, acahuales, etc.

<sup>17</sup> “Ahora que las otras sociedades terminan de extinguirse, barridas por la marcha arrolladora de la modernidad, las que sí nos son conocidas y que han seguido de un modo u otro,

neo-productivismo, por cuanto deforma la politicidad del proceso de producción de valores de uso, para subordinarlos a esa especie de sucedáneo de un sujeto social que es el mercado capitalista, reduce las múltiples dimensiones de la diversidad agrícola a una sola: cuánto se produce, en cuánto espacio, en cuánto tiempo y, lo más importante, generando cuánto plusvalor.

Hasta ahora, la mayoría de los estudios sobre domesticación que se han hecho desde la biología, han prescindido del análisis profundo del papel de las relaciones sociales de producción como parte del proceso causal de la diversidad de plantas cultivadas. Más aún, estos estudios han tendido a dejar de lado la caracterización de la línea de tensión que se establece entre dicha diversidad y la acumulación de capital como un proceso continuo que implica la destrucción continua de un conjunto de relaciones sociales para ser sustituidas en extensión y profundidad por relaciones de producción propiamente capitalistas (Luxemburg 2003 [1913]).

## **Hacia una hipótesis de trabajo interdisciplinario**

La diversidad biológica presente en las plantas domesticadas y, en sentido más amplio, la agro-biodiversidad, es el resultado de un proceso evolutivo peculiar que ha ocurrido en el contexto de la producción de valores de uso propios, parte sustancial de la formación de cultura; la articulación de estos dos planos explicaría no sólo el surgimiento sino la permanencia de dicha agro-biodiversidad. Por eso esta diversidad se halla íntimamente ligada al control por las comunidades y pueblos campesinos de dos elementos centrales del proceso de producción: la tierra y sus propias semillas. Si esto es así, esperaríamos encontrar diferentes formas de correlación, quizás incluso estadística, entre la diversidad de valores de uso (asociada a una diversidad de formas de consumo y a múltiples y variados procesos culturales) y la diversidad biológica (a diferentes niveles) presente en las plantas cultivadas. En última instancia, la existencia de una dimensión articuladora de esa diversidad (figura 3), manifestada en las múltiples formas que de manejo agro-ecosistémico, estaría también intrínsecamente relacionada con la diversidad de formas de valor de uso, con la diversidad cultural en sí misma y serían los procesos que ocurren en todos esos planos los que se proyectarían sobre aquel nivel en el que comenzamos nuestra discusión sobre

con mayor o menor “éxito”, la línea del progreso, se nos revelan como sociedades que eligieron subordinar el conjunto de su actividad vital a la fase productiva de la misma; sociedades que se han hecho a sí mismas concentrándose obsesivamente en el momento de la consecución del producto, de la lucha violenta contra la prepotencia de lo Otro (la “Naturalaleza”) y en la acumulación del “excedente” indispensable, en la administración de la supervivencia.” (Echeverría 1998, 142).

la domesticación y la diversificación a saber: el sorprendente intervalo de variación biológica presente en las plantas cultivadas.

México —no aisladamente sino también como parte de Mesoamérica— presenta una oportunidad enorme para este tipo de análisis, pues coinciden en nuestro país el ser un centro de origen para la agricultura con cientos de plantas domesticadas, comunidades campesinas vivas —principalmente indígenas— con una serie de prácticas que se pueden analizar en el presente, la presencia de gradientes de domesticación y prácticas de manejo para muchas especies cultivadas (desde poblaciones silvestres hasta agricultura industrial), diferentes grados de participación en el mercado capitalista (lo cual permite suponer que hay diferentes grados de subsunción formal y real del trabajo al capital por lo que el predominio de la producción de valores de cambio no es absoluto) y sobre todo un movimiento indígena organizado y que lucha y construye activamente otras formas de relación social. En términos generales, esto permite poner a prueba la hipótesis de que los patrones de diversidad en materia de plantas cultivadas no son algo estático, sino una manifestación de un conjunto de procesos activos (en el sentido de Levis, 2007a; 2007b). La comprensión de esa línea de tensión entre la naturaleza y la acción de los seres humanos sobre ésta, requiere aproximarse tanto a la complejidad de los procesos evolutivos que suceden en torno a la domesticación, como a la presencia —también compleja— de una fuerza motriz nueva, emergente en el mejor sentido del término, la dimensión política del valor de uso.

Pero el poder heurístico de una aproximación de este tipo no radicaría solamente en poder explicar mejor el origen de la diversidad de los cultivos y prácticas de manejo o en ampliar los horizontes de ambos campos interactuantes (la teoría evolutiva y la crítica de la economía política), o en última instancia “en poder explicar mejor la realidad” en general, aunque ello sería muy importante. Aparece otro nivel de relevancia para una perspectiva interdisciplinaria sobre la dialéctica de la domesticación en un contexto en el que el fenómeno mismo de estudio corre el riesgo de desaparecer, por cuanto en la época en que estas líneas son escritas se presenta a todas luces una peligrosa devastación que extingue día a día prácticas de cultivo de los pueblos originarios y busca propositivamente exterminar a los pueblos en sí mismos, en un contexto en el que la pérdida de soberanía alimentaria y de variedades locales de cultivos se imponen en diferentes partes del mundo en el marco de la expansión de una agricultura tecnificada e industrializada. En ese contexto, una aproximación interdisciplinaria a la domesticación y diversificación de los cultivos será relevante en la medida en que pueda aportar elementos que permitan comprender y hacer frente de mejor manera a las fuerzas que erosionan dicha diversidad y generan la devastación descrita. Ello requerirá completar el tránsito de la academia a la

política, para usar la expresión de González Casanova (2004). Y ello pasa no solamente por reconocer que la expansión capitalista amenaza al proceso mismo que nos proponemos estudiar (así como al resto de la vida en el planeta) sino por reconocer que, allá afuera, aparentemente al margen de la academia, hay otros sujetos activos, gente de a pie, con la cual si aspira a sobrevivir, la academia tendrá que cambiar su forma de relacionarse: tendrá que des-enajenarse y ello no podrá ser un hecho aislado, sino parte de la construcción colectiva de un mundo nuevo.

## Agradecimientos

A los compañeros del Seminario Interdisciplinario sobre domesticación y agroecología del CEIICH por lo aprendido junto a ellos. Agradezco también a Mariana Benítez, Luis Eguiarte y Kristin Mercer las discusiones, seminarios y trabajo práctico en torno a la domesticación, que enriquecieron la perspectiva que aquí se presenta. Los intercambios con los compañeros del Taller Teoría de la evolución, ideología y reduccionismo: un enfoque dialéctico han sido importantes en el desarrollo de estos argumentos. Gracias a Alonso Gutiérrez por los comentarios hechos al manuscrito de este artículo, así como a los dictaminadores que hicieron correcciones valiosas al mismo. ■

## Referencias

- Aguilar Rincón, Víctor Heber *et al.* *Los chiles de México y su distribución*. México: SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL y UAN, 2010.
- Bellon, Mauricio. «The dynamics of crop intraespecific diversity: a conceptual framework at the farmer level.» *Economic Botany* 50 (1996): 26-39.
- Boege, Ekhart. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2008.
- Brush, Stephen T., Dawitt Tadesse y Eric VanDusen. «Crop diversity in peasant and industrialized agriculture: México and California.» *Society and Natural Resources* 16 (2003): 123-141.
- Casas Alejandro, Otero Arnaiz Adriana, Pérez Negrón Edgar y Valiente-Banuet Alfonso «*In situ Management and Domestication of Plants in Mesoamerica*.» *Annals of Botany* 100 (2007): 1101-1115.
- Chappell, M. Jahi *et al.* «Food sovereignty: an alternative paradigm for poverty reduction and biodiversity conservation in Latin America.» *F1000 Research* 2 (2013): 235.

- Darwin, Charles. *The Origin of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004[1859].
- De Candolle, Alphonse. *Origin of cultivated plants: facsimile reprint of English translation of 2nd edition*. Nueva York: Hafner, 1959 [1886].
- Denison, R. Ford, Toby Kiers y Stuart A. West. «Darwinian agriculture: when can humans find solutions beyond the reach of natural selection?» *Quarterly Review on Biology* 78 (2009): 145-178.
- Diamond, Jared. «Evolution, consequences and future of plant and animal domestication.» *Nature* 418 (2002): 700-707.
- Dirzo, Rodolfo y Raven, Peter. H. «Global state of biodiversity and loss.» *Annual Review of Environmental Resources* 28 (2003): 137-167.
- Doebley, John, Stec, A. y Gustus, C. Teosinte branched and the origin of maize: evidence for epistasis and the evolution of dominance. *Genetics* 141 (1995), 333-346.
- \_\_\_\_\_, Stec, A. y Hubbard, L. The evolution of apical dominance in maize. *Nature* 386 (1997), 485-48.
- \_\_\_\_\_, Brandon Gaut y Bruce D. Smith. «The molecular genetics of crop domestication.» *Cell* 127 (2006): 1309-1329.
- Drake, Abby Grace y Christian Peter Klingenberg. «Large-scale diversification of skull shape in domestic dogs: disparity and modularity.» *The American Naturalist* 175 (2010): 289-301.
- Duarte, Carlos, Nuria Marbá y Marianne Holmer. «Rapid domestication of Marine species.» *Science* 316 (2007): 382-383.
- Echeverría, Bolívar. *Definición de la Cultura*. México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM-Itaca, 2001.
- \_\_\_\_\_. *Valor de uso y utopía*. México: Siglo XXI, 1998.
- FAO. *Building in gender, agrobiodiversity and local knowledge*. Roma, 2005.
- \_\_\_\_\_. *Second report on The State of The World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Roma: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2010.
- \_\_\_\_\_. «Use and potential of wild plants in farm households.» *Libro electrónico*. 1999a. <http://www.fao.org/DOCREP/003/W8801E/W8801E00.HTM> <http://www.fao.org/biodiversity/components/plants/en/>.
- \_\_\_\_\_. *Women: users, presevers and managers of agrobiodiversity*. 1999b. [www.fao.org/FOCUS/E/Women/Biodiv-e.htm](http://www.fao.org/FOCUS/E/Women/Biodiv-e.htm).
- Fuller, Dorian y Robin Allaby. «Seed dispersal and crop domestication: shattering, germination and seasonality in evolution under cultivation.» *Annual Plant Reviews* 38 (2009): 238-295.
- Gepts, Paul. «A comparison between Crop Domestication, Classical Domestication and Genetic Engineering.» *Crop Science* 42 (2002): 1780-1790.

- . «Domestication as a long term selection experiment.» *Plant Breeding Reviews*, 2004: 1-44.
- Glenn, Travis. «Field guide to next-generation DNA sequencers.» *Molecular Ecology Resources* 11 (2011): 759-769.
- González Casanova, Pablo. *Las nuevas ciencias y las humanidades: de la academia a la política*. Barcelona: Anthropos-Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM, 2004.
- Gould, Stephen J. «Una habitación propia.» En *Las piedras falaces de Marrakech*. Barcelona: Crítica, 2001a.
- . «The evolutionary definition of selective agency, validation of the theory of hierarchical selection, and the fallacy of the selfish gene.» En *Thinking about evolution: historical, philosophical and political perspectives*, de R. Singh, CB. Krimbas, DB. Paul y J. Beatty, 208-234. Nueva York: Cambridge University Press, 2001b.
- . «Un atajo hacia el maíz.» En *La sonrisa del flamenco*, de Stephen Jay Gould. Barcelona: Crítica, 2009.
- Groenen, M.A.M. et al. «Analyses of pig genomes provide insight into porcine demography and evolution.» *Nature* 491 (2012): 393-398.
- Haldane, John Burdon Sanderson. «A mathematical theory of natural and artificial selection Parts I-X.» *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, 1924-1934.
- . «A mathematical theory of natural and artificial selection. Part X. Some theorems in artificial selection.» *Genetics* 19 (1934): 412-429.
- . «The interaction of nature and nurture.» *Annals of Eugenics* 13 (1946): 197-205.
- . «The cost of natural selection.» *Genetics* 55 (1957), 511-524.
- Harlan, Jack. *Crops and Man*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1975.
- Harris, David R. «The evolution of agroecosystems: biodiversity, origins and differential development.» En *Biodiversity in agriculture*, editado por Gepts P., et al. Cambridge University Press, 2012.
- Hufford, MB et al. «Comparative genomics of maize domestication and improvement.» *Nature Genetics* 44 (2012): 808-813.
- Imperial College of Science, Technology and Medicine. «Crop diversity at risk: the case for sustaining crop collections.» *Wye, Ashford, UK*. 2002. <http://www.croptrust.org/main/publications.php>.
- Jablonka, Eva y Marion Lamb. *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral and symbolic variation in the history of life*. Massachusetts: MIT Press, 2006.

- Koeppel, Dan. *Banana: the fate of the fruit that changed the world*. Nueva York: Plume, 2008.
- Levins, Richard. «Dialectics and systems theory.» En *Biology under the influence*, de Richard Lewontin y Richard Levins. Nueva York: Monthly Review Press, 2007a.
- . *Evolution in changing environments*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press, 1968.
- . «Ten propositions about science and antiscience.» *Social text* 101-102 (2007b): 46-47.
- Lewontin, Richard C. *The triple helix: gene, organism and environment*. Massachusetts, EEUU: Harvard University Press, 2000.
- Luxemburg, Rosa. *The accumulation of capital*. Londres y Nueva York: Routledge Classics, 2003 [1913].
- Mardis, Elaine. «Next generation DNA sequencing methods.» *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 9 (2008): 387-402.
- Marx, Carlos. *Contribución a la crítica de la economía política*. México: Siglo XXI Editores, 1981 [1859].
- . *Introducción general a la crítica de la economía política*. México: Siglo XXI Editores, 1997 [1857].
- . *Manuscritos económico filosóficos de 1844*. Buenos Aires: Editorial Colihue, 2004 [1844].
- . *El Capital*. T. 1, Vol. 1. México: Siglo XXI Editores (2007) [1869].
- McGucken, William. «Book review: Shattering: food, politics and the loss of genetic diversity.» *Environmental history review* 15 (1991): 91-93.
- McKey, Doyle, Marianne Elias, Benoit Pujol, y Anne Duputié. «Ecological approaches to crop domestication.» En *Biodiversity in agriculture*, editado por Gepts P, y otros. Cambridge University Press, 2012.
- Meyer, Rachel S., Michael Purugganan. «Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification.» *Nature reviews genetics* 14 (2013): 840-852.
- , Ashley E. DuVal y Helen R. Jensen. «Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops.» *New Phytologist* 196 (2012): 29-48.
- Miller, Allison y Briana L. Gross. «From forest to field: perennial fruit crop domestication.» *American Journal of Botany* 98 (2011): 1389-1414.
- Odling-Smee, John, Kevin Laland y Marcus Feldman. *Niche Construction: the neglected process in evolution*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press, 2003.
- Pickersgill, Barbara. «Domestication of plants revisited—Darwin to the present day.» *Botanical Journal of the Linnean Society* (2009) 161: 203-212.

- Prescott-Allen, Robert y Prescott-Allen Christine. «How many plants feed the world?» *Conservation Biology* 4 (1990): 365-374.
- Purugganan, Michael D. y Barbara D. Fuller. «The nature of selection during plant domestication.» *Nature* 457 (2009): 843-848.
- Ross Ibarra, Jeffrey, Peter L. Morrel y Brandon S. Gaut. «Plant domestication, a unique opportunity to identify the genetic basis of adaptation». *Proceedings of the National Academy of Sciences (EEUU)* 104 (2007): 8641-8648.
- Sánchez Martínez José, Vargas Ponce Ofelia y Zamora Tavares Pilar. «Cultivo tradicional de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) una especie de tomatillo silvestre de México.» En Universidad de Guadalajara. *Avances de Investigación en el CUCBA*. Guadalajara, México: U. de G., 2008: 75-80.
- Saul, Hayley, Marco Madella, Anders Fischer, Aikarterini Glyoku, Sönke Hartz y Olive Craig. «Phytoliths in pottery reveal the use of spice in European prehistoric cuisine.» *PLoS One*, 2013: e70583.
- Shumy, V. K. «Two Brilliant Generalizations of Nikolai Ivanovich Vavilov (for the 120th Anniversary).» *Russian Journal of Genetics* 43 (2007): 1447-1453.
- Siebert, Charles. «Food Ark.» *National Geographic Society Magazine* 220 (2011): 108-131.
- Steinberg, Michael K. «Maize diversity and cultural change in a Maya agroecological landscape.» *Journal of ethnobiology* 19 (1999): 127-139.
- Tang, H, U. Sezen y AH Paterson. «Domestication and plant genomes.» *Current Opinion in Cell Biology* 13 (2010): 160-166.
- Vandermeer, John H. *The ecology of agroecosystems*. Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers, 2011.
- Van Heerwaarden, Joost et al. «Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces.» *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (2011): 1088-1092.
- Vavilov, Nicolai. Centers of origin of cultivated plants. En Vavilov, Nicolai. *Origin and Geography of Cultivated Plants*. Translated from Russian by Doris Love. Great Britain: Cambridge University Press, 1926 [1994]. 22-135.
- Wells, Spencer. *Pandora's seed: how hunter-gatherer holds the key to our survival*. Nueva York: Random House, 2010.
- Whittaker, Robert. «Dominance and diversity in land plant communities: numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution.» *Science* 147 (1965): 250-260.



Emily A. Schultz\*

## La construcción de nichos y el estudio de los cambios de cultura en antropología: desafíos y perspectivas

**Resumen** | Muchos antropólogos norteamericanos siguen abrigando profundas sospechas ante los intentos de teorizar sobre la evolución de la cultura, dada la herencia existente en nuestra disciplina de las teorías etapistas del siglo XIX, que fueron determinadas por el “racismo científico”. En las postrimerías del siglo XX algunos teóricos trataron de escapar de esta herencia usando los modelos formales tomados de la biología poblacional neo-darwiniana, para volver a conceptualizar así los procesos culturales evolutivos, pero estos enfoques más recientes han sido considerados poco satisfactorios por razones que les son inherentes. Por ejemplo, la coevolución gen-cultura y la teoría de la herencia dual tienen poco atractivo para muchos antropólogos culturales contemporáneos, porque dichas teorías dependen de definiciones de la cultura y suposiciones acerca de los individuos humanos y grupos sociales que muchos antropólogos culturales ya no hallan convincentes. La construcción de nicho, por el contrario, parece más prometedora como marco para conectar el cambio cultural con modificaciones biológicas y ecológicas. No obstante, los aspectos innovadores de la construcción de nicho no logran convivir cómodamente al lado de los mismos rasgos problemáticos que limitan la utilidad de la coevolución gen-cultura y la teoría de la herencia dual en la antropología cultural. Este artículo examina las preocupaciones antropológicas referidas a la teoría de la construcción de nicho, pero también sugiere maneras por medio de las cuales algunas de estas preocupaciones podrían minimizarse si la teoría de la construcción de nicho incorporara intuiciones provenientes de la teoría de sistemas de desarrollo y la teoría del actor red.

131

### ***Niche Construction and the Study of Culture Change in Anthropology: Challenges and Prospects***

**Abstract** | Many North American anthropologists remain deeply suspicious of attempts to theorize the evolution of culture, given the legacy in our discipline of nineteenth century stagist theories of cultural evolution that were shaped by scientific racism. In the late twentieth century, some theorists tried to escape this legacy by using formal models drawn from neo-Darwinian population biology to re-conceptualize cultural evolutionary processes, but these more recent approaches have been found unsatisfactory for reasons of their own. For example, gene-culture coevolution and dual inheritance theory have limited appeal to many

---

\* St. Cloud State University, EEUU. Correo electrónico: eschultz@stcloudstate.edu

contemporary cultural anthropologists because these theories rely on definitions of culture, and assumptions about human individuals and social groups that many cultural anthropologists no longer find persuasive. Niche construction, by contrast, appears more promising as a framework for connecting cultural change with biological and ecological change. Nevertheless, the innovative features of niche construction coexist uneasily alongside the same problematic features that limit the usefulness of gene-culture coevolution and dual inheritance theory in cultural anthropology. This article discusses anthropological concerns about niche construction theory, but also suggests ways in which some of them might be reduced if niche construction theory were to incorporate insights from developmental systems theory and actor network theory.

**Palabras clave** | antropología cultural – construcción de nicho – coevolución gen-cultura – evolución de la cultura

**Keywords** | cultural anthropology – niche construction – gene-culture coevolution – evolution of culture

## Introducción

LA ANTROPOLOGÍA NORTEAMERICANA tuvo sus comienzos como una disciplina interesada por explicar la evolución tanto biológica como cultural, pero estos esfuerzos iniciales tienen antecedentes de prestigio dispares, cosa que ha llevado a muchos antropólogos contemporáneos a desconfiar de intentos más recientes por teorizar sobre la evolución cultural. Hacia fines del siglo XIX, cuando nuestra disciplina apenas iba tomando forma, una perspectiva que hoy se conoce como “racismo científico” reunió datos etnográficos e históricos en favor del argumento de que etapas más avanzadas de la evolución cultural podían ser asociadas con poblaciones humanas progresivamente más avanzadas, con características fenotípicas diferentes, llamadas “razas”. Estos puntos de vista tenían sus partidarios dentro y fuera de la antropología, y serían invocados en el primer tercio del siglo XX para justificar los principios básicos de la biología nazi. Sin embargo, el racismo científico también fue resistido desde adentro de la antropología. Franz Boas lanzó un célebre desafío a aquellos quienes pretendían relacionar diferentes etapas de evolución cultural con los desarrollos biológicos de distintos grupos raciales. También se enfrentó con los llamados “difusionistas”, proponentes de un enfoque rival que asociaba el cambio cultural con ondas expansivas de innovación cultural con centros de origen en unas pocas sociedades excepcionalmente inventivas. Los puntos de vista difusionistas también cargaban suposiciones implícitas de diferencias raciales: como apunta Alan Barnard, el difusionismo descansaba en la suposición de que la mayoría de las

sociedades eran poco inventivas, inferiores a los pueblos “culturalmente ricos” cuyas innovaciones copiaban sistemáticamente (Barnard 2000, 47).

Se les acredita a Boas y sus estudiantes el haber expuesto las debilidades tanto de los evolucionistas culturales unilineales extremos, como de los difusinistas culturales igualmente extremos, y de haber también reorientado el foco de la etnografía hacia la documentación de las historias culturales particulares de pueblos específicos, un enfoque que ha sido denominado “particularismo histórico”. Si bien Boas fue sumamente crítico de la antropología física de su época, que se enfocaba sobre la clasificación racial, no hizo a un lado su interés por los patrones de desarrollo biológico experimentados por diferentes poblaciones humanas en distintos entornos culturales y geográficos. Por ejemplo, sus estudios que documentaban los cambios en la conformación craneana en los hijos de inmigrantes socavó la añeja creencia de que la formacefálica era un indicador “duro” de pertenencia a determinado grupo racial, y sus resultados han resistido la prueba del tiempo, aun en presencia de diversos desafíos (Gravlee *et al.* 2003a; 2003b).

La herencia del evolucionismo del siglo XIX en la antropología norteamericana, además de la crítica boasiana a esa herencia, fueron interpretadas de manera diferente por distintos antropólogos tanto durante la vida de Boas como después de su muerte (en 1942). De manera particular, esta herencia ha ejercido influencia sobre la disposición de muchos antropólogos a considerar siquiera que la cultura puede evolucionar, temiendo que cualquiera consideración de este tipo pudiera estar contaminada por el etapismo y racismo de las teorizaciones antropológicas anteriores a la Segunda Guerra Mundial (véase por ejemplo Yanigisako 2005). Después de la guerra, muchos antropólogos siguieron a Sherwood Washburn en su rechazo a la antropología física del pasado centrada en el concepto de raza, abrazando los nuevos caminos que ofrecía la síntesis evolutiva. Congruente con los principios adoptados por autores de la síntesis, como Theodosius Dobzhansky, los procesos de evolución estudiados por biólogos poblacionales fueron considerados como totalmente distintos de los procesos del cambio cultural (Ingold 2007, 13). Después de 1975, sin embargo, la “nueva síntesis” de la sociobiología intentó explicar la cultura en términos de selecciónismo de genes. Si bien muchos antropólogos se sintieron atraídos por la sociobiología (o por su sucesora, la psicología evolutiva), hubo muchos más que siguieron desconfiando de estos esfuerzos, que les parecieron demasiado reduccionistas. En las décadas de los ochenta y noventa del siglo pasado, las teorías de la herencia dual y de la coevolución gen-cultura usaron persuasivamente modelos provenientes de la biología poblacional para demostrar las limitaciones de los razonamientos sociobiológicos acerca de la cultura; como resultado, la distinción entre procesos culturales y genéticos ya no parece estar en

duda. Al mismo tiempo, estos movimientos no han apaciguado a aquellos antropólogos que siguen objetando que los modelos matemáticos de la evolución cultural incorporan suposiciones desactualizadas y problemáticas acerca de la cultura, los individuos humanos y los grupos sociales.

Durante mucho tiempo estas preocupaciones han hecho que muchos antropólogos tengan que enfriarse en un “dilema anti-evolucionista”: mientras siguen comprometidos con la evolución como proceso natural, encuentran dificultades para afirmar la versión hegemónica vigente de la teoría evolucionista (Schultz 2009). Tim Ingold contribuyó a encontrar una salida a este dilema con su pionera exploración de las alternativas “disidentes” al seleccionismo de genes en biología (2000, 2007, 2011). En años recientes más y más antropólogos han ido encontrando enfoques valiosos de la evolución en áreas de la biología teórica que van “más allá” de la síntesis evolutiva de los años treinta y cuarenta del siglo pasado. Hoy en día estos campos incluyen la biología del desarrollo evolutivo (“evo-devo”), la plasticidad y acomodamiento, la construcción de nicho, la herencia epigenética, la teoría del reproductor, la evolucionabilidad, la selección de niveles múltiples, y la evolución genómica (Pigliucci y Müller 2010, 11, figura 1.1). Ha sido especialmente atractivo el modelo de “triple herencia” de la construcción de nicho, propuesto originalmente por Odling-Smee, Laland y Feldman (2003), que ofrece una manera de vincular el cambio cultural con cambios biológicos y ecológicos de maneras que no se fundan en los puntos de vista desprestigiados del pasado asociados con el racismo científico. Un rasgo particularmente apreciado de este modelo de construcción de nicho es la manera en que vuelve a introducir a los organismos en el cuadro general como agentes de la evolución, un movimiento que ya se hacía esperar y que es bienvenido. Sin embargo, para muchos antropólogos resulta igualmente significativa la manera en que este modelo de construcción de nicho introduce los artefactos dentro de dicho cuadro. La teoría de la triple herencia insiste en que los artefactos juegan diversos papeles en los procesos evolutivos que están claramente diferenciados de los factores “informacionales” en la evolución, tales como los genes y los “memes” (es decir, variantes culturales de carácter unitario). La teoría de la triple herencia razona así de manera persuasiva en contra de los muy difundidos informes sobre fenotipos extendidos que concebirían tanto a los organismos como a los artefactos que éstos crean como resultados de la acción génica. La teoría de la triple herencia también desafía a los modelos de herencia dual de evolución cultural que manejan la cultura material de manera poco satisfactoria y reducen la “cultura” a una serie de creencias, significados y valores localizados “en su mayor parte en las cabezas de la gente” (Richerson y Boyd 2005).

La teoría de la triple herencia repercute en el interés creciente respecto de la cultura material que se ha extendido más allá de la arqueología hasta todos

los campos de la antropología. Muchos antropólogos están agregando la construcción de nicho a su repertorio de instrumentos teóricos, a veces adaptándola para realizar labores antropológicas no contempladas por quienes la originaron. Al mismo tiempo, algunos teóricos de la construcción de nicho en el campo de la biología evolutiva han mostrado interés en forjar vínculos con estudiosos en disciplinas tales como la sociología y la antropología. Seguramente se generará una fuente de fricción (Tsing 2005) con la decisión reciente de los creadores de la teoría de construcción de nicho de alejarse del modelo de la triple herencia, una cuestión a la que me referiré más adelante. Desde una perspectiva antropológica este movimiento resulta decepcionante, pero en última instancia podría no ser tan importante: si los antropólogos encuentran que un modelo de triple herencia de la construcción de nicho les resulta útil, seguirán desarrollándolo a su manera, de manera parecida a la forma en que el concepto antropológico de la cultura ha sido extrapolado y puesto a trabajar de maneras completamente nuevas en disciplinas diferentes de la antropología. Pero no descarto todas las posibilidades de alcanzar una reconciliación. Este artículo sugiere formas en que la teoría de construcción de nicho puede ser reformulada de tal manera que se superen las fricciones y se establezcan vínculos por encima de las diferencias. Mi argumentación abarca dos partes: en la primera defiendo las aseveraciones originales y audaces del modelo de triple herencia de la construcción de nicho que le dan su lugar a los artefactos. Usando ejemplos tomados de la antropología biológica, la arqueología y la antropología sociocultural, muestro de qué manera los antropólogos están aprovechando la teoría de la construcción de nicho, no siempre de las maneras previstas por sus creadores, pero sí en formas que mantienen la jerarquía de los artefactos al mismo tiempo que expanden la teoría tanto en su escala como en sus alcances. En la segunda parte examino los esfuerzos hechos por algunos teóricos de la construcción de nicho por responder a las preocupaciones expresadas por

*Muchos antropólogos están agregando la construcción de nicho a su repertorio de instrumentos teóricos, a veces adaptándola para realizar labores antropológicas no contempladas por quienes la originaron. Al mismo tiempo, algunos teóricos de la construcción de nicho en el campo de la biología evolutiva han mostrado interés en forjar vínculos con estudiosos en disciplinas tales como la sociología y la antropología*

sociocultural, muestro de qué manera los antropólogos están aprovechando la teoría de la construcción de nicho, no siempre de las maneras previstas por sus creadores, pero sí en formas que mantienen la jerarquía de los artefactos al mismo tiempo que expanden la teoría tanto en su escala como en sus alcances. En la segunda parte examino los esfuerzos hechos por algunos teóricos de la construcción de nicho por responder a las preocupaciones expresadas por

antropólogos y otros estudiosos de las ciencias sociales acerca de dicha teoría. De inmediato ofrezco mi propia propuesta sobre el aspecto que podría tener una teoría “extendida” de construcción de nicho que vincule la antropología con la biología evolutiva, sugiriendo que los dos marcos teóricos más adecuados para realizar esta alianza son la “teoría de sistemas de desarrollo” (reminiscente de investigaciones de tipo boasiano en desarrollo biocultural humano que se llevan a cabo en la actualidad en el terreno de la antropología biológica contemporánea) y la “teoría del actor red” (que ya ha tenido un impacto significativo en muchas áreas de investigaciones antropológicas). Si esta colaboración llega a tener éxito, quedaría por determinar si el resultado debiera ser calificado como “desarrollo”, “evolución” o algún otro nombre.

## Primerá parte

Como se dijo anteriormente, muchos antropólogos contemporáneos critican los esfuerzos actuales por teorizar sobre la evolución cultural porque temen la resurrección de alguna versión del etapismo cultural asociada con el racismo científico. Teniendo en cuenta este legado, los partidarios de la teoría de la herencia dual y de la coevolución gen-cultura construyeron cuidadosamente sus secuencias de la evolución cultural a partir de materiales provistos por la Síntesis Evolutiva Moderna. De esta manera la teoría de la herencia dual se distinguió por usar modelos matemáticos tomados de la biología de población para demostrar que, bajo ciertas condiciones ambientales, la cultura (concebida como unidades de variación cultural semejantes a genes) podía verse favorecida por la selección natural (Boyd y Richerson 1985). Pero, si bien estos esfuerzos posibilitaron que se hablara de la evolución cultural de maneras que no resucitaran el racismo científico, siguieron siendo problemáticos por las maneras en que las prácticas culturales humanas —y los seres humanos— fueron distorsionados para ajustarse a las demandas de los modelos matemáticos. Por estas razones, el filósofo de la biología Tim Lewens calificó a la teoría de la herencia dual como “la teoría cinética de la cultura”, por analogía con la teoría cinética de los gases, y observó —correctamente, según mi opinión— que antropólogos y otros estudiosos siguen siendo hostiles a esta teoría *no* porque tengan dudas acerca de la validez de la teoría evolutiva en general sino porque objetan la manera en que este uso particular de la teoría evolutiva atomiza la cultura y representa la acción humana en formas simplificadas e idealizadas (2013). Estas representaciones parecen ocuparse sólo de procesos culturales superficiales, y son incapaces de explicar el surgimiento y estabilización de estructuras y redes socioculturales a gran escala a lo largo de la (pre)historia humana. Como muestro más adelante, algunos antropólogos interesados en estos fenómenos no solamente han

encontrado útil la versión de triple herencia de la teoría de construcción de nicho, sino que también han llamado la atención sobre maneras en que podría ser expandida para adecuarla mejor a los propósitos antropológicos.

El antropólogo biólogo Agustín Fuentes, por ejemplo, escribe que la construcción de nicho “es la modificación, construcción o destrucción de nichos por medio de la interacción mutua entre organismos y sus entornos, y es una fuerza importante para estructurar el cambio evolutivo, junto con la selección natural” (Odling-Smee *et al.* 2003) (Fuentes 2012, 110). Fuentes adopta el punto de vista de que todos en la Tierra vivimos en el Antropoceno, un período geológico en que las actividades de los seres humanos ejercen una influencia mayor sobre los paisajes y los climas globales (2012, 102):

Los hábitats antropogénicos surgieron como consecuencia de la construcción de nicho por parte de los humanos. Éstos se dedican al cambio ecológico, tanto intencional como a manera de subproducto, que a su vez afecta las presiones evolutivas sobre las otras especies que habitan ecosistemas ocupados por humanos (y también los adyacentes). A nivel global, los humanos son ingenieros de ecosistemas a gran escala, y estas ecologías alteradas son heredadas no solamente por las generaciones subsiguientes de humanos sino por todas las especies simpátricas que habitan en ellas (2012, 110).

Fuentes ha cumplido un papel crucial en el desarrollo de la especialidad de investigación llamada etnoprimatología, que estudia las relaciones entre las especies no humanas de primates (“aloprimates”) y las poblaciones humanas en una gama de entornos diferentes en todas las latitudes del mundo. La construcción de nicho cumple con un rol importante en la investigación etnoprimatológica, que investiga no solamente el impacto de las actividades humanas sobre los hábitats tradicionales de los primates, sino que también pone de relieve aquellos lugares en los cuales algunos aloprimates en particular y los humanos comparten una larga historia de desarrollar relaciones mutuas. Más aun, en todos estos entornos el papel cumplido por muchos artefactos construidos por el ser humano no puede ser pasado por alto:

la construcción y expansión de espacios urbanos, la alteración de los paisajes selváticos para dedicarlos a usos agrícolas u otros, la creación de caminos y otros sistemas de transporte, y el rápido incremento en la cantidad de pobladores humanos, aparte de nuestras necesidades dietéticas, afectan las ecologías locales y regionales, cambiando diferentes aspectos de su estructura y función. Los aloprimates pueden encontrarse completamente entrelazados en tales sistemas. La expansión de las áreas residenciales humanas hacia zonas de superposición con otros primates, especialmente en

urbanizaciones de alta densidad, incrementa el tipo y la intensidad de las oportunidades de interacción con aloprimates y, al mismo tiempo, altera la zona de cría, búsqueda de alimentos y su conducta en general. El incremento de la construcción, tendido de caminos, eliminación de bosques y producción industrial de los humanos pueden afectar los microclimas locales, tanto en términos de temperatura como de precipitación, cambiando los patrones y el tipo de crecimiento vegetal, con sus consiguientes frutos, además de modificar la estructura del paisaje. Los aloprimates deben, entonces, optar entre adaptar su conducta a las estructuras humanas (casas, caminos, sistemas de drenaje, etc.) y a las transformaciones climáticas y fenológicas, irse del área impactada, o morir... Por lo tanto, parece haber un patrón de selección ecológica a favor de aquellos aloprimates más capaces para coexistir con los humanos (por ejemplo, los macacos en el sur y sureste de Asia, los babuinos en el África subsahariana), y en contra de los que no pueden (por ejemplo, los simios y los monos comedores de hojas). Es probable que la construcción de nicho por parte de seres humanos y los cambios de clima que esto provoca constituyan las principales presiones de selección sobre otros primates (Fuentes y Wolfe 2002; Strier 2011)" (Fuentes 2012, 110-111).

Al mismo tiempo, Fuentes se siente cómodo adoptando una definición más convencional de la construcción de nicho para dirigirse a cuestiones de antropología biológica en las que los modelos matemáticos formales parecen más apropiados. Por ejemplo, él y sus colegas usaron datos sobre fósiles de homínidos en África y modelos formales que incorporaban la construcción de nicho para poner a prueba una hipótesis sobre los factores responsables de la extinción del género *Parantropus* y la supervivencia del género *Homo* (Fuentes *et al.* 2010). Las dos estirpes de homínidos coexistieron en el este y sur de África desde hace alrededor de 2.5 millones a un millón de años, y las dos parecen haber sido blancos de los mismos depredadores. Sin embargo, *Parantropus* desaparece del registro fósil hace alrededor de un millón de años, mientras *Homo* persiste hasta nuestros días. Fuentes y sus colegas propusieron la hipótesis de que la construcción de nicho, bajo la forma de cooperación social, puede haber protegido a las poblaciones de *Homo* de los depredadores, desplazando la mayor parte del riesgo de depredación hacia los *Parantropus*. Y éstos, sometidos a niveles cada vez mayores de depredación, pero sin la amortiguación que brindaba un nicho construido de manera cooperativa, podrían haber sido orillados eventualmente a la extinción. Los autores llegan a la conclusión de que "los conceptos subyacentes que sostienen este modelo están fundados en evidencia teórica y fósil" (Fuentes *et al.* 2010, 440). Al describir sus métodos, dicen lo siguiente (Fuentes *et al.* 2010, 436):

La construcción de nicho se define como la modificación por organismos de la relación funcional entre esos mismos organismos y su medio ambiente por

medio del cambio activo de uno de los factores de dicho ambiente. "A través de la construcción de nicho los organismos no solamente influyen sobre la naturaleza de su mundo, sino que también, en parte, determinan las presiones de selección a los que están expuestos ellos y sus descendientes, y lo hacen de manera no aleatoria". Enfocar la evolución humana usando la perspectiva que brinda un modelo de retroalimentación en el contexto de la teoría de construcción de nicho (Odling-Smee *et al.* 2003) puede constituir un fuerte instrumento conceptual que apoye la idea de que una reducción de las presiones de la depredación puede haber sido un beneficio para los *Homo* y la ruina para los *Paranthropus*.

Las aportaciones de la construcción de nicho empleadas en estos dos ejemplos de investigación en antropología biológica varían en escala y alcance, y el primero pone de relieve el papel de artefactos construidos por humanos mientras que el segundo no lo hace. Pero, si bien esta variación puede constituir motivo de preocupación para algunos teóricos formales, creo que ilustra la manera en que la teoría de construcción de nicho está siendo extrapolada en formas que la hacen apropiada para acometer cuestiones de interés para los antropólogos. De hecho, ilustra una predicción que hicieron los que propusieron la teoría de construcción de nicho, quienes argumentaron que "la actividad de construcción de nicho generará con frecuencia múltiples formas de retroalimentación que abarcarán una gama de escalas temporales" (Laland *et al.* 2005, 39).

Dado que la cultura material está imbricada en la evolución humana desde antes del origen de la especie *Homo sapiens*, un modelo de triple herencia de la construcción de nicho también parece adecuada para la investigación en arqueología antropológica. Después de todo, la arqueología es un campo en el cual los "artefactos" ocupan un lugar central (por ejemplo, Olsen *et al.* 2012), y en el cual están concebidos a grandes rasgos para incluir no solamente los objetos transportables sino también rasgos remodelados del paisaje a diferentes escalas. En una colección reciente de estudios que incluyen aplicaciones de construcción de nicho fuera de la biología evolutiva el arqueólogo Felix Reide se apoyó explícitamente en el modelo de triple herencia de la construcción de nicho (CN) (Reide 2011, 793-794).

*A través de la construcción de nicho los organismos no solamente influyen sobre la naturaleza de su mundo, sino que también, en parte, determinan las presiones de selección a los que están expuestos ellos y sus descendientes, y lo hacen de manera no aleatoria*

El modelo de CN reconoce tres dominios de herencia —la genética, la ecológica y la cultural— y la arqueología puede brindar información indirecta sobre los tres. Los datos arqueológicos sobre tradiciones artesanales pueden ser usados para seguir la pista de la herencia cultural, trazando de esta manera las relaciones históricas entre antiguas comunidades de maestros y aprendices. Adicionalmente, muchos datos arqueológicos tienen que ver directamente con la modificación por parte de los humanos de los entornos bióticos y abióticos, tanto local y transitoriamente como a escalas geográficas y temporales mayores.

En su estudio Reide procuró enfocar la cuestión de si la domesticación de perros estuvo asociada regularmente con el surgimiento de economías especializadas basadas en el reno en la región sur de Escandinavia hacia fines de la última Edad de Hielo (hace unos 15,000 años). Clasificó los componentes de las series de datos arqueológicos correspondientes a este período entre los tres dominios de herencia reconocidos por la teoría de construcción de nicho, y luego usó métodos cuantitativos que incorporaban la CN para probar correlaciones entre estos dominios. Su análisis mostró “apoyo positivo limitado para... una evolución correlacionada entre el uso de perros domesticados como auxiliares de caza, pastoreo y transporte, y el surgimiento reiterado de economías especializadas basadas en el reno. Ambos rasgos pueden ser comprendidos como una dimensión de construcción de nicho e interpretados dentro del marco de la CN” (2011, 801). En otras palabras, los resultados de Reide sugieren que “el registro fragmentado de perros domesticados en el Glacial tardío del norte de Europa podría no ser el resultado de mala preservación sino obedecer al hecho de que la domesticación y aprovechamiento de los perros no haya sido una parte nuclear del repertorio cultural de la época”, con la consecuencia de que aquellos grupos anteriores que intentaron domesticar al reno sin la ayuda de perros con el tiempo se contrajeron y desaparecieron (2011, 801). Sin embargo, las cosas fueron muy diferentes para grupos humanos posteriores, que ocuparon el mismo ambiente acompañados por perros domesticados y que tuvieron éxito en el desarrollo de formas primitivas de domesticación del reno (2011, 802).

Por un lado, los arqueólogos aplican regularmente análisis cuantitativo a sus datos cuando esto parece apropiado, y el empleo que hace Reide de la teoría de construcción de nicho en este estudio simplemente lo agrega a la cantidad de teorías cuantitativas que tiene a su disposición. Por el otro, Reide observa también que los arqueólogos están interesados en cuestiones que se extienden mucho más allá de la gama abarcada por los modelos cuantitativos convencionales de construcción de nicho. Señala que los arqueólogos han distinguido desde hace mucho tiempo entre lo que Wendell Oswalt llamó “armas/instrumentos” e “instalaciones” (Oswalt 1976). “Según este punto de vista, la cultura material que refleja la transmisión y uso personales de información, como en los casos de

puntas de proyectiles, cestería o cerámica (armas/instrumentos) brinda información sobre herencia cultural en el sentido estricto” (Reide 2011, 794). Esta interpretación “estricta” modela la construcción de nicho como actividad iniciada por organismos *individuales*, que transmiten a futuras generaciones un medio ambiente selectivo modificado. Tal interpretación ha sido preferida, por ejemplo, en discusiones sobre construcción de nicho por filósofos de la biología, como Kim Sterelny (2003), por más que recientemente haya empezado a alejarse de este punto de vista (Sterelny 2012), un asunto sobre el que regresaré más adelante.

Sin embargo, si limitamos la construcción de nicho al estrecho rango de la modificación individual de nichos, estaremos dejando fuera la categoría de “instalaciones” propuesta por Oswalt: “cultura material que refleja la transmisión colectiva de información y su uso, como ocurre en tiendas de campaña, estructuras de viviendas, plataformas de pesca y fortificaciones, como también sistemas de campo” que, considera Reide, deberían clasificarse como pertenecientes a “la herencia ecológica, que pasa de generación a generación” (2011, 794). Reide concuerda con Odling-Smee *et al.* (2003) en que el intento por considerar a las instalaciones como fenotipos extendidos es equivocada:

alternativamente, tales rasgos podrían ser vistos como parte del fenotipo humano extendido... Pero su relevancia selectiva se produce por la vía de entornos modificados, particularmente en generaciones subsecuentes nacidas en un nicho que ya ha sido modificado de una manera dada... Más aún, las instalaciones tienen frecuentemente una vida útil más larga que una sola generación humana, y están siendo modificadas y adaptadas de manera continua o periódica. Estas modificaciones ecológicas evidentes no pueden ser relacionadas fácilmente con los genotipos de aquéllos que no tuvieron ninguna participación en su implantación. En lugar de ello, sirven como referencia de la existencia de conocimientos ecológicos, disponibles para la comunidad, y su implementación: un medio ambiente modificado que constituye el nicho ontogenético para generaciones subsiguientes (Reide 2011, 794).

No obstante, desde la perspectiva antropológica, esta dimensión *colectiva* de la construcción humana de nichos está subdesarrollada en la teoría de la construcción de nicho; como observa Lewens refiriéndose a la teoría de la doble herencia, el término “colectivo” parece referirse a la suma agregada de toda la actividad de construcción de nichos, y no se ofrece ningún relato sistemático para explicar las variadas maneras en las que la labor social humana tiene que haber sido movilizada para remodelar algunos rasgos del entorno físico, en diferentes lugares y momentos, para configurar las “instalaciones” de Oswalt.

Mientras tanto, los antropólogos han explorado esta cuestión por su cuenta.

Stephen Lansing, por ejemplo, es un antropólogo ambiental que ha trabajado durante muchos años en la isla indonesia de Bali, combinando investigación etnográfica con estudios conjuntos con colegas de disciplinas muy diferentes, en un proyecto aún en curso que se propone trazar el desarrollo histórico y la estabilización de la agricultura basada en arroz plantado en terrazas irrigadas, por lo cual esta isla goza de una larga fama. A diferencia de las discusiones sobre construcción de nicho que se enfocan sobre pueblos de cazadores/recolectores o pastores, el estudio sobre la construcción de nicho en Bali involucra “la construcción de nicho en una sociedad compleja” (Lansing y Fox 2011, 927). Los antropólogos suelen definir las sociedades complejas como aquéllas con división permanente entre clases sociales, y que también se caracterizan por especialización en diferentes tipos de oficios (alfarería, metalurgia, manufactura textil). Los miembros de las sociedades complejas también construyen viviendas permanentes y otras estructuras que generan hábitats concebidos para sostener y proteger las especies domesticadas de plantas y animales de las cuales depende la supervivencia del grupo. La agricultura bajo riego del arroz en Bali depende de una red de templos de agua con sus correspondientes canales, túneles, acueductos y terrazas. Sus orígenes se remontan a mil años. Lansing y Fox se preguntan: ¿se trata de un ejemplo de construcción de nicho? (2011, 927).

Hay que hacer la pregunta porque, como dicen los autores: “en la actualidad queda poco lugar para la planeación consciente en la teoría de CN, que explique la compleja arquitectura de los medios ambiente como si fueran nidos de termitas sometidos a la selección darwiniana. Pero en casos como las terrazas arroceras, el papel de la intención consciente no puede ser pasado por alto” (2011, 927). Filósofos como Hegel y Marx, en cambio, sí explicaban los logros arquitectónicos humanos como productos de la intención consciente. De modo que el desafío es el siguiente: “si la construcción de nicho por parte de seres humanos va a explicar fenómenos históricos como el caso de Bali, hay que ensanchar el foco analítico hasta abarcar las consecuencias a escala global de la innovación consciente, además de la transmisión de los repertorios existentes de información cultural” (Lansing y Fox 2011, 927-928). Nótese que Lansing y Fox no quieren limitar la cultura a aquello que existe “en su mayor parte en las cabezas de la gente”. Ciertamente, su caso de estudio correspondería sin esfuerzo con la definición de Fuentes de la construcción de nicho como “la alteración, construcción y/o destrucción de nichos por medio de la interacción mutua de organismos con sus entornos.”

Una teoría sobre la historia del sistema de los templos de agua atribuye su origen al trabajo de algunos reyes balineses; otra teoría (el “modelo de brotes”), apoyada por las investigaciones anteriores de Lansing, asevera que la irrigación en Bali se expandió *sin* el involucramiento de una élite poderosa. Este segundo

modelo afirma que, por lo menos a partir del siglo XI, grupos de agricultores empezaron a organizarse en instituciones a nivel de comunidad llamadas *subaks*, “asociaciones de agricultores que administraban el agua para riego proveniente de una misma fuente, como podría ser un manantial o un canal de irrigación” (Lansing y Fox 2011, 928). En ese artículo, los autores proponen una nueva prueba para el “modelo de brotes” del sistema de templos de agua: “si la expansión de la irrigación la lograron los propios campesinos... el modelo de brotes permitiría predecir la formación de pequeñas comunidades a lo largo de los sistemas de irrigación, con los asentamientos más antiguos ubicados en las tomas de agua más cercanas a las presas o manantiales más antiguos” (2011, 928). Dado que los asentamientos suelen organizarse en torno de grupos de hombres emparentados, Lansing y Fox compararon la información sobre cromosomas Y y ADN mitocondrial recolectada en *subaks* ubicados en dos regiones balinesas, además de un grupo control de hombres seleccionados al azar en cada región de Bali. Los resultados muestran una fuerte correlación entre los datos del cromosoma Y y el ADN mitocondrial en los *subaks* correspondientes a una región (Sebatu), pero no a los provenientes de la otra (Tabanan), ni a los recolectados aleatoriamente en Bali (2011, 928). Los resultados de Sebatu, arguyen los autores, brindan evidencia genética que es consistente con los resultados de trabajos anteriores de Lansing sobre el sistema de templos de agua, que brindaba evidencia de retroalimentación evolutiva y herencia ecológica que relacionaba el momento de riego, con riesgos para la cosecha de arroz provenientes de plagas. Esto viene a sumarse a evidencia arrojada por un “experimento natural” producido en la década de los setenta cuando cepas de arroz de la Revolución Verde fueron introducidas en Bali, junto con nuevos procedimientos para plantar y cosechar. Estos cambios desquiciaron los patrones de irrigación, y las poblaciones de plagas del arroz estuvieron fuera de control en los primeros dos años. “Sólo entonces los agricultores volvieron espontáneamente a los esquemas sincronizados de plantación, y las cosechas empezaron a recuperarse” (Lansing y Fox 2011, 931).

El “modelo de brotes”, por lo tanto, asigna a los *subaks* un papel central en el sistema de agricultura. Lansing y Fox proponen como hipótesis un proceso histórico según el cual “el aprendizaje basado en retroalimentación progresiva se consolida en las normas sociales de la institución del *subak*, que estimulan la cooperación entre los agricultores”... creando una herencia ecológica de presiones selectivas modificadas para las poblaciones descendientes, por lo cual resulta consistente con un proceso de construcción de nicho” (2011, 931). Lansing y Fox también llaman la atención sobre formas de labor social todavía vigentes que se requieren para mantener y reparar los canales y túneles de irrigación que traen agua a las terrazas arroceras. Pero el logro cultural más importante que

asegura el funcionamiento del sistema de templos de agua es un calendario agrícola híbrido que permite que grupos de *subaks* administren la irrigación usando complejos cronogramas interrelacionados (2011, 933). Lansing sigue razonando que, a lo largo de la historia balinesa, los patrones anidados de ciclos temporales relacionados con este calendario han sido aplicados de manera reiterada en muchos dominios de la cultura balinesa, “contribuyendo a un paisaje mental y físico de agradables armonías y perceptible coherencia”, generando lo que el autor llama un “orden perfecto” (Lansing y Fox 2011, 933; Lansing 2006).

El papel de la construcción y mantenimiento de artefactos —templos, canales, acueductos y terrazas— es primordial en la versión de Lansing del sistema de templos de agua. Pero, aunque puede justificarse la construcción de nichos bajo la forma de esquemas de siembra sincronizados usando los métodos darwinianos tradicionales, éstos no alcanzan para explicar el origen y operación del calendario agrícola que, de manera confiable, pone en marcha los muchos rasgos de este paisaje determinado por la ingeniería. Lo que hace falta es una manera de explicar “el surgimiento de patrones significativos en las instituciones sociales” y “el proceso histórico por medio del cual las instituciones sociales facilitan o impiden la propagación de ideas y procesos de aprendizaje social” (Lansing y Fox 2011, 933). Estos autores concluyen que, si queremos considerar el paisaje determinado por la ingeniería de las terrazas arroceras balinesas como un ejemplo de construcción de nicho, entonces tenemos que expandir el aparato teórico de la construcción de nicho hasta abarcar las intuiciones de filósofos como Hegel y Marx.

Resumiendo, una teoría de construcción de nicho apropiada para antropólogos debe tener por lo menos tres rasgos clave: en primer lugar, debiera retener (y construir sobre) el enfoque de la triple herencia que otorga paridad a los artefactos junto a los genes y las formas ideacionales de cultura. Para algunos, la virtud clave de esta formulación reside en que evita que los artefactos sean fundidos ya sea con la cultura ideacional “que está en su mayor parte en la cabeza de la gente” o con rasgos abióticos del entorno físico. En segundo lugar, la construcción de nicho debe ser considerada como si operara en múltiples escalas, incluyendo herramientas teóricas apropiadas para el estudio de conductas constructoras de nichos por parte de organismos individuales, pero también incorporando herramientas teóricas apropiadas para el estudio de la construcción de nicho a escalas que lleguen e incluyan hasta los procesos globales del Antropoceno. Por último, y de manera conjunta con el segundo rasgo, la construcción de nicho debe ser concebida de manera más amplia en cuanto a su rango, abarcando desde intervenciones inconscientes por parte de organismos individuales hasta los esfuerzos planeados conscientemente y ejecutados de manera conjunta en materia de ingeniería y mantenimiento ecológicos, que se llevan a

cabo en sociedades complejas. Es por lo tanto lamentable, desde una perspectiva antropológica, que las formulaciones más recientes de la teoría de construcción de nicho hayan hallado que “el sistema de triple herencia es innecesariamente complicado y restrictivo” y que la versión que se propone en su reemplazo sugiere combinar los sistemas de herencia cultural con la ecológica “para formar un solo sistema de herencia ecológica consistente en material informático además de físico, junto con recursos energéticos” (Kendal *et al.* 2011, 787). En vista de la discusión anterior, esta reformulación hace que la teoría de construcción de nicho sea menos, en lugar de más, atractiva para los antropólogos. Y bien podría ser que esto no tuviera importancia para aquellos antropólogos que parecen más inclinados a construir sobre los razonamientos presentes en la teoría de la triple herencia mientras van forjando nuevas herramientas para el estudio de la historia evolutiva humana. Pero podría existir una manera alternativa de avanzar que exploraré en la segunda parte.

## Segunda parte

Como ya hemos visto, muchos antropólogos y otros estudiosos de las ciencias sociales y humanidades han resistido intentos por explicar los procesos culturales humanos, tales como la evolución de la cultura, de tal manera que no toman en cuenta contribuciones hechas por sus propias disciplinas en el enfoque de tales cuestiones. Las objeciones podrían versar sobre la preocupación de que la teoría de construcción de nicho, al igual que la teoría de la doble herencia, es simplemente otra “teoría cinética de la cultura”. Esta preocupación podría tener su razón de ser, dada la reciente revisión de la teoría de CN que he mencionado arriba. Pero los teóricos de la CN no han sido insensibles a las preocupaciones de los críticos de afuera de la biología evolutiva. Un esfuerzo digno de mencionar por responder a las críticas provenientes de las ciencias sociales y las humanidades puede encontrarse en un trabajo reciente de Jeremy Kendal (2011). Esta respuesta estuvo motivada, nos cuenta, por una crítica a la teoría de la CN hecha por la psicóloga Mary Gauvain, que halló que su formulación del desarrollo psicológico estaba “subespecificada”, y quien insistió en que cualquier relación del desarrollo psicológico humano requería “el examen crítico y la incorporación... de la mente como sistema creador de símbolos, elaborador de significados y diseñador de artefactos, capaz de transmitir socialmente, que es simultáneamente un fenómeno individual, social e histórico (transgeneracional)” (Kendal 2011, 242). Kendal acepta el desafío de Gauvain: “este artículo inicia resumiendo cuatro teorías pertinentes desarrolladas por sociólogos, científicos de la cognición, y antropólogos socioculturales: el “aprendizaje localizado, la teoría de la actividad, la teoría de la práctica, y la cognición distribuida” (2011, 242).

Es probable que estas teorías les resulten familiares a muchos antropólogos socioculturales contemporáneos, y los esfuerzos de Kendal por explorar desarrollos en teoría social con posterioridad a Durkheim son bienvenidos (compárese con Wilson 2002). Sin embargo, el hecho de que esté respondiendo a la crítica de una psicóloga es significativo, no porque los antropólogos no se dediquen al estudio del desarrollo cultural individual (que, ciertamente, hemos estado haciendo desde mediados del siglo pasado), sino porque la antropología —a diferencia de la psicología— está igualmente interesada en el estudio de las estructuras y procesos culturales que no están centrados en los individuos (tal como se ilustra en los tres estudios de casos que se revisan en la primera parte). Más aun, la meta del resumen teórico de Kendal es igualmente significativa: se limita *solamente* a identificar “aquellos puntos particularmente relevantes para un enfoque cultural de la construcción de nicho” (2011, 242). De tal modo que la revisión de Kendal es altamente selectiva: sólo enfatiza aquellos rasgos de estas cuatro perspectivas teóricas que pueden ser acomodados en una versión de la construcción de nicho entendida como “un marco cuantitativo para explicar la influencia de las contingencias históricas sobre los cambios culturales” (2011, 242).

Como resultado, los antropólogos familiarizados con el trabajo de Jean Lave sobre aprendizaje localizado pueden sentirse sorprendidos porque la discusión de Kendal sobre participación periférica legítima por parte de aprendices de sastre en Monrovia (Liberia) en los años setenta no dice nada acerca del contexto político más amplio en el que se sitúan estas actividades. Pero, como enfatizó recientemente Lave, la centralidad de las relaciones de poder siempre debe incluirse en relatos sobre relaciones maestro-aprendiz:

si se suprimen los temas referidos a la fuerza, el poder y el conflicto, sería demasiado fácil ver al aprendizaje y la enseñanza como procesos completamente benignos, haciendo imposible la formulación de preguntas sobre los conflictos y las tensiones, las relaciones de necesidad mutua y de amenazas potenciales, que los maestros y aprendices representan el uno para el otro (2011, 89).

De manera similar, los antropólogos que conocen el trabajo de Lev Vygotsky y su influencia sobre generaciones posteriores de psicólogos culturales (y lingüistas) pueden sentirse sorprendidos al leer de qué manera tan estrecha se conciben los efectos de los contextos histórico y cultural sobre el aprendizaje individual, con el objeto de hacerlos apropiados para ser incrustados en un modelo cuantitativo de la construcción de nicho cultural que mide “la dinámica del aprendizaje dentro del individuo en un marco evolutivo” (2011, 244).

El tratamiento que le da Kendal a la teoría de la práctica de Anthony Giddens puede ser el aspecto más sorprendente para algunos antropólogos. Su análisis

se enfoca sobre *The Constitution of Society* (La constitución de la sociedad, 1984), donde Giddens desarrolla su teoría de la estructuración. Kendal encuentra muchas instancias en las que conceptos desarrollados por Giddens pueden ser pareados con conceptos surgidos dentro de la teoría de construcción de nicho. Lo más significativo parece ser el hecho de que la estructuración propone un modelo de causación recíproca entre agencia y estructura que resuena con la causación recíproca entre organismos constructores de nicho y el entorno, que sería básico para la teoría de CN. Es totalmente correcto, por lo tanto, que Kendal describa la teoría de la estructuración como pertinente para sus propósitos, pero mucho ha cambiado en los treinta años transcurridos desde que se escribió el libro de Giddens, no solamente en lo que se refiere a la teoría en el marco de la antropología sociocultural sino también en el trabajo de Anthony Giddens. Las formas de conclusión social y cultural que presupone la teoría de la estructuración (en ocasiones llamada “holismo”) se volvieron menos útiles para muchos antropólogos socioculturales después del fin de la Guerra Fría en 1989, cuando sociedades que se habían supuesto separadas y autocontenidoas, cada una con sus propias culturas, empezaron a abrirse. Las fronteras empezaron a hacerse más permeables y empezaron a generarse flujos de personas, riqueza, mercancías, ideas e ideologías que empezaron a desplazarse por todo el mundo, provocando procesos intensos de desterritorialización, reterritorialización e hibridación cultural (Appadurai 1996). Los antropólogos buscaron nuevas herramientas teóricas que les ayudaran a interpretar estos movimientos desordenados, y la teoría de la estructuración no era un candidato fuerte, dadas sus suposiciones modernistas sobre “estructura” y “agencia”. No obstante, a la luz de los desafíos que enfrentaban los teóricos de la construcción de nicho, planteados desde la disciplina de la biología evolutiva (véase por ejemplo Laland *et al.* 2013), un campo en el cual la causación unidireccional que llevaba desde la selección de genes hacia todo lo demás todavía tiene muchos adherentes; la causación recíproca debe parecer algo muy radical, tal vez tan radical como el funcionalismo estructural cuando apareció por primera vez en la antropología social británica a comienzos del siglo XX. Desde una perspectiva antropológica, por lo tanto, constituye un movimiento alentador, a pesar de sus limitaciones.

El tratamiento que da Kendal a la cognición distribuida es especialmente interesante. Cita la importante observación del psicólogo cultural Michael Cole (1995, 190) en el sentido de que:

...la característica específica de la especie humana es su necesidad y capacidad de habitar un entorno transformado por actividades de miembros anteriores de su especie. Tales transformaciones, y las habilidades para transferir dichas transformaciones de una generación a la siguiente son el resultado de la habilidad/proclividad de los seres

humanos para crear y usar artefactos, aspectos del mundo material que son incorporados a la acción humana como maneras de coordinarse con el medio ambiente físico y social (Kendal 2011, 246).

También cita el trabajo de Wheeler y Clark (2008), quienes “consideran aspectos de los entornos de aprendizaje estructurado como *sistemas cognitivos extendidos*: ‘auxiliares y soportes no orgánicos, muchos de los cuales son herramientas heredadas culturalmente o estructuras manipuladas por prácticas transmitidas por la vía cultural, que podrían contar, por su cuenta, como partes integrantes de los procesos cognitivos extendidos’” (2011, 246). Como señala Kendal, estos tipos de herramienta teórica invitan a los teóricos de la construcción de nicho a tener en cuenta “una amplia gama de fenómenos culturales que pueden estar sujetos a evolución cultural acumulativa y a los efectos de la construcción de nichos pertinentes al desarrollo y aprendizaje de destrezas y saberes, pero sobre los cuales ha habido muy poca investigación desde dentro del campo de la evolución cultural, incluyendo la consideración de rasgos culturales que no podrían ser inventados por un solo individuo” (2011, 246). Más que ninguna de las otras perspectivas revisadas por Kendal, este enfoque toma en cuenta a los artefactos, y rompe con muchas de las suposiciones tomadas por ciertas en los enfoques estándar de la ciencia cognitiva.

Kendal también se refiere con aprobación al trabajo de los antropólogos Bonnie Nardi (1996) y Will Hutchins (1995), y del filósofo Andy Clark (2011), todos los cuales enfatizan que la cognición no es algo que tiene lugar dentro de nuestras cabezas sino que es el producto de cambios en las estructuras relaciones de los componentes biótico y abiótico, que son tanto internos como externos en relación con la mente (2011, 247). Estos razonamientos me parecen sumamente persuasivos. Pero, para tomarlos en serio, deberíamos abandonar de una vez y por todas, la suposición de que nuestros “adentros” y nuestros “afuera” son completamente externos el uno respecto del otro. Ciertamente, como estableció alguna vez Kim Sterelny, haciéndose eco de muchos otros, “probablemente exista un límite, razonablemente guiado por principios entre el organismo y el medio ambiente” (2005, 31). Para aprovechar a fondo una versión de la construcción de nicho anclada en la cognición distribuida, sin embargo, será necesario reconsiderar esta opinión.

Kendal mismo sugiere las direcciones en las que hay que explorar: la teoría de los sistemas de desarrollo y la teoría del actor red. La primera ofrece una manera guiada por principios de negociar el límite organismo-medio ambiente al que se refiere Sterelny. Como hemos visto, Kendal se enfoca sobre el andamiaje del aprendizaje *individual* por parte de un entorno de aprendizaje construido, y escribe: “la teoría de sistemas de desarrollo también reconoce la importancia de

este tipo de interacción (entre el aprendiz y el entorno construido de aprendizaje), haciendo notar que ‘la unidad, tanto de desarrollo como de evolución, es el sistema de desarrollo, la matriz total de interactuantes involucrados en un ciclo de vida’ (Griffiths y Grey 2001, 206)” (Kendal 2011, 247). Pensar en los sistemas de desarrollo como unidades puede aliviar las inquietudes de aquellos estudiosos que se toman los límites en serio, subrayando simultáneamente el ensamblaje heterogéneo de interactuantes bióticos y abióticos que componen semejante sistema, mientras se sugiere que este ensamblaje no es tan indisciplinado como para no poder ser identificado como unidad. Ciertamente, encontré que esta manera de pensar acerca de los sistemas de desarrollo era útil cuando me encontré por primera vez con la teoría de los mismos. Pero sí parece un retroceso respecto de la paridad plena entre organismo y medio ambiente, y por lo tanto resulta un poco contradictorio frente a la declaración de los teóricos de la construcción de nicho, que plantean “un deseo de enfocarse en la *simetría* entre organismo y medio ambiente”, que es una de las razones por las cuales llegaron a rechazar la noción de los fenotipos extendidos: “el enfoque de los fenotipos extendidos retiene la noción de la adaptación de los organismos al ambiente más bien que la dinámica coevolucionaria de ambos” (Laland, Odling-Smee y Feldman 2005, 52).

Como observa Kendal, los teóricos de los sistemas de desarrollo Paul Griffiths y Russell Gray también están comprometidos con una *tesis de paridad* (Kendal 2011, 247):

...los papeles jugados por muchos factores causales que afectan el desarrollo no caen aseadamente en dos categorías, una cumplida exclusivamente por elementos del ADN y la otra cumplida exclusivamente por elementos no ADN... En lugar de ello hay numerosas distinciones importantes que deben establecerse entre los roles causales jugados por los factores de desarrollo (Griffiths y Grey 2005, 420).

Kendal compara esta tesis de paridad con el *Principio de Paridad* propuesto por los teóricos de la cognición distribuida (Kendal 2011, 247). Andy Clark (2008, 77) define el Principio de Paridad en los siguientes términos:

si, al enfrentarnos con cierta tarea, una parte del mundo funciona como un proceso que, si se le pusiera de cabeza, no tendríamos ningún problema en aceptar como parte del proceso cognitivo, entonces esa parte del mundo será (durante ese tiempo) parte del proceso cognitivo (Clark y Chalmers 1998, 8).

Clark explica que el Principio de Paridad brinda “una prueba tipo ‘velo de ignorancia’ concebida para ayudar a evitar el prejuicio biochovinista” (2008, 77).

Aunque el foco de Clark está puesto sobre la cognición individual, no tiene ninguna dificultad en concebir a los sistemas cognitivos como “sistemas híbridos que exhiben novedosos perfiles cognitivos que se yuxtaponen sobre más que los simples componentes biológicos” (2008, 99). Clark parece dispuesto a aventurarse profundamente en el mundo exterior al cráneo mientras va estableciendo vinculaciones entre componentes de sistemas cognitivos híbridos: “...El alegato de paridad tenía la intención específica de *socavar* cualquier tendencia a pensar que la forma de los actuales procesos internos humanos establece algún tipo de estándar... sobre lo que debería contar como parte de un proceso genuinamente cognitivo” (2008, 114; énfasis en el original).

Como antropóloga que a veces (aunque no siempre) se enfoca sobre la cognición humana individual, me siento intrigada por la observación de Clark de que “el Principio de Paridad fue diseñado para llamar la atención de nuestro sentido más amplio y general de qué podríamos considerar que pertenece al dominio de la cognición —en lugar de, digamos, de la digestión— pero hacerlo sin las distracciones omnipresentes de la piel y el cráneo” (2008, 114). Si seguimos esta observación a fondo, sostengo, podríamos descubrir que líneas aparentemente muy separadas de la “red” heterogénea tejida y mantenida por el organismo que conoce (Clark 2008, 123) podrían (de manera contra intuitiva) resultar una parte del dominio de la cognición. Consideremos, por ejemplo, cómo el alimento nutritivo es un recurso externo que contribuye al buen funcionamiento del cerebro, pero que podría no hallarse disponible en cantidades apropiadas para ciertos individuos que conocen debido a los acuerdos de economía política de la sociedad más amplia, que hacen que sean demasiado costosos como para poder ser adquiridos por estos individuos. De esta manera, los asuntos de la cognición se vinculan con los de la digestión. Y algunos antropólogos podrían concluir que estos acuerdos de economía política pudieran tener la suficiente importancia y complejidad como para ameritar por su propio peso el foco de una investigación, sin dejar de reconocer las líneas que vinculan estos acuerdos con los individuos que conocen (y comen).

Esta clase de enfoque sin limitaciones —en el cual los sistemas de desarrollo se encuentran entrelazados con rasgos más amplios del mundo, incluyendo recursos bióticos y abióticos, cuya disponibilidad podría verse afectada por instituciones económicas y políticas— ha sido provista explícitamente por el concepto de Susan Oyama sobre el sistema de desarrollo. Oyama define un sistema de desarrollo (SD) como “un organismo (u otra entidad en desarrollo) y sus *entornos relevantes en términos de desarrollo*, todos los cuales pueden ser enfocados en múltiples escalas temporales y espaciales” (2011, 1). Oyama observa que:

...dependiendo de cómo se observan, los SDs pueden demostrar gran regularidad (digamos, ciertos ciclos metabólicos y rutinas de conducta), pero tal comportamiento ordenado no debe tomarse como criterio. Su funcionamiento puede variar desde la confiabilidad bien protegida hasta asociaciones irregulares y variables entre sus *interactuantes* (participantes en el SD, abióticos o bióticos, incluyendo el propio organismo) (2011, 2).

Esto sugiere que concebir un SD como *una unidad*, como se indica en la definición sugerida por Griffiths y Gray en párrafos anteriores, podría ser entendido mejor como la consecuencia de observar a un SD desde un punto de vista particular, tal vez cuando no se encuentre en su punto más ordenado. Si este tipo de orden propio de una unidad no representa un criterio, sin embargo, no hay nada que les impida a los investigadores interesados (antropólogos, quizá) seguir las líneas que se entrelazan en el desarrollo de la cognición en un individuo humano con la economía política y la digestión.

Oyama insiste que un sistema de desarrollo, concebido sin limitaciones, de la manera que ella prefiere, "...integra a los organismos con sus mundos en desarrollo, presionando a las especialidades académicas para que logren un tipo de colaboración que haga justicia a esa clase de relación... Los SDs exigen virtualmente un enfoque multidisciplinario" (2011, 3).

Dedicarle esta clase de atención a los procesos de desarrollo ha demostrado ser de valor para el trabajo antropológico reciente que enfatiza la importancia de distinguir entre "genética" y "biología" en investigaciones sobre las vinculaciones entre "raza" y enfermedad. Clarence Gravlee, por ejemplo, ha desarrollado un enfoque que reúne lo que los antropólogos han aprendido sobre "raza": primero, que la raza no se alinea con patrones de variación genética en poblaciones humanas; segundo, la raza es una construcción sociocultural e histórica que incide sobre las circunstancias de la vida de las personas; y tercero, tomar conciencia de las consecuencias para la salud de vivir bajo condiciones racistas constituye "un mandato para la investigación etnográfica sobre la realidad social de la raza y el racismo... Para identificar... las experiencias y exposiciones que moldean el surgimiento y la persistencia de desigualdades raciales en materia de salud" (2013, 41).

Gravlee y sus colaboradores usaron este enfoque para llevar a cabo sus investigaciones en Puerto Rico, intentando explicar por qué una pigmentación más oscura de la piel estaba asociada con mayor hipertensión. Descubrieron que el color de la piel tenía dos dimensiones que era preciso distinguir: "el fenotipo de la pigmentación de la piel, y la significación cultural del color de la piel como criterio de estatus social" (2013, 38). La medición de la pigmentación de la piel se llevó a cabo por medio del método de espectrometría de reflectancia,

que estima de manera confiable la concentración de melanina en la piel. La medición de la relación cultural entre el color de la piel y el estatus social requirió métodos etnográficos. El enfoque biocultural (o biosocial) reveló que los puertorriqueños con piel más oscura y estatus socioeconómico más alto experimentaban presión sanguínea más alta que otras personas del mismo origen. Esto se interpretó como un resultado del hecho de que tales individuos eran más susceptibles de experimentar un racismo más intenso en su contra a medida que iba aumentando su estatus social, generando así interacciones sociales cada vez más frustrantes, que contribuían a la elevación de la presión sanguínea (2013, 38). Cuando Gravlee y sus colaboradores incluyeron más tarde estimados de ancestros africanos basados en datos genéticos, encontraron que, al agregar datos socioculturales al modelo, se revelaba una asociación estadísticamente significativa entre la presión sanguínea y un particular gen candidato para hipertensión, una asociación que no era evidente en el análisis que incluía solamente los ancestros africanos y los factores estándar de riesgo. Este hallazgo sugiere que tomar en serio a la cultura puede clarificar las consecuencias biológicas de las desigualdades sociales y otorgar poder a estudios futuros sobre asociaciones genéticas (2013, 39).

Los SDs son de desenlace abierto escribe Oyama, “pero al mismo tiempo limitados y limitantes... Una ontogenia —un curso de desarrollo— concebida en estos términos integra los organismos con sus mundos de desarrollo” (2011, 2-3). El trabajo de Gravlee ilustra la promesa de tomar en serio esta posibilidad del desenlace abierto. El enfoque de Oyama de la teoría de los sistemas de desarrollo también contiene resonancias de la teoría de actores red, vinculación que la propia Oyama reconoce (2000, 126; 2011, 22). La teoría de actores red estudia las propiedades de los ensamblajes heterogéneos de humanos y no humanos, vivientes y no vivientes, en la medida en que éstos van surgiendo y se estabilizan (o desestabilizan) en el tiempo y el espacio. Ha sido influida en particular por los escritos de Michel Callon (1986, 1991) y Bruno Latour (1987, 2005). Recientemente, Latour ha definido un actor red de la siguiente manera (2011, 797-798):

en su sentido más sencillo, pero también más profundo, la noción de actor red puede aplicarse en todos los casos en que la acción va a ser redistribuida... Tomemos cualquier objeto: al principio parece contenido en sí mismo, con bordes y límites bien establecidos; entonces pasa algo —un impacto, un accidente, una catástrofe— y de pronto descubrimos una multitud de entidades que parecen haber estado ahí todo el tiempo pero que antes no eran visibles y que, vistas retrospectivamente, parecen necesarias para la supervivencia del objeto original. Pensábamos que el transbordador Columbia era un objeto listo para volar en el cielo, y súbitamente, después de la

dramática explosión de 2003, nos damos cuenta de que necesitaba a la NASA y su complejo cuerpo de organización para poder volar con seguridad... La acción de hacer volar un objeto técnico ha sido redistribuida a través de una red altamente compleja donde las rutinas burocráticas tienen la misma importancia que las ecuaciones y la resistencia de materiales... Lo que era invisible se ha transformado en visible, lo que parecía contenido en sí mismo ahora se encuentra ampliamente distribuido... La búsqueda de la producción de objeto y objetividad se ha transformado totalmente ahora que se encuentran representados simultáneamente en el mundo y dentro de sus redes de producción.

La teoría de actores red ha ejercido su influencia en muchos campos de la investigación antropológica contemporánea, particularmente en la antropología de la ciencia, la tecnología y la medicina. Tiene lazos estrechos con la “antropología ciborg” basada en los trabajos de Donna Haraway, cuyos intereses se expandieron desde la biología hasta abarcar las posibilidades y peligros asociados con el ensamblaje de humanos con la alta tecnología en campos que van desde el desarrollo de armas hasta la biomedicina (Haraway 1991; Gray *et al.* 1995). Además, el trabajo de Haraway sobre relaciones entre especies (Haraway 1989, 2008) ha informado a la investigación en campos como la etnoprimatología.

Una vez que se disuelve la frontera entre el organismo y el ambiente se revelan ensamblajes heterogéneos de muchos tipos. En un artículo reciente, subrayé muchas similitudes entre la teoría de actores red y el modelo de triple herencia de la construcción de nicho, argumentando que volver a concebir la construcción de nicho en términos de actores red podría facilitar las conexiones multidisciplinarias con disciplinas fuera de la biología, donde la teoría de actores red se ha establecido, como por ejemplo, la antropología (Schultz 2013). Así, muestro cómo la descripción que hace la antropóloga Paige West del desarrollo económico en el altiplano de Nueva Guinea (West 2006) depende del reconocimiento de una variedad de actantes (es decir, participantes vivientes y no vivientes en los actores red). West llama la atención de sus lectores hacia los artefactos “bióticos” y “abióticos” que sostenían la vida en sus entornos de campo. Las mediaciones culturales que describe involucraban no solamente a los humanos en bloque, sino una comunidad heterogénea específica de humanos compuesta por nativos gimi y extranjeros provenientes de Australia, los EEUU y otras regiones de Nueva Guinea; y estaban vinculados no solamente con el medio ambiente en su totalidad, sino con montañas y bosques específicos, con aves del paraíso y árboles que contenían nidos de águilas harpía, con animales de presa y a tierras recientemente desbrozadas para el cultivo. Estos actantes vivientes heterogéneos se entrelazaban con actantes no vivientes también heterogéneos: las herramientas de los cazadores y agricultores, como machetes;

el pescado enlatado que reemplazó a la carne de puerco que ya no consumen; viviendas para residentes, cinco edificios para iglesias, un centro de salud que nunca tiene medicamentos y una escuela. De especial importancia era una pista de aterrizaje y unos aviones administrados por la Iglesia Adventista del Séptimo Día, que brindaban a la comunidad de Maimafu su única comunicación con el mundo exterior. La significación de esta comunicación se hizo evidente cuando West señaló que los aldeanos cultivaban café comercial que debía ser transportado en dichos aviones a sus puntos de venta. “Los costos por carga aérea que se pagaban a los aviones de la misión fluctuaban de acuerdo con el precio del combustible, vinculando de esta manera a Maimafu y otros asentamientos rurales que cultivaban ‘café de pista de aterrizaje’ con la política económica global del petróleo” (2006, 106).

Susan Oyama se cuestiona: “cuando se nos dice que hace falta un pueblo para mantener a un niño, y podríamos preguntarnos: ¿qué hace falta para mantener a un pueblo?” (2011, 27), Paige West ofrece una posible respuesta, y dicha respuesta enfatiza lo que pueden agregar los enfoques de los actores red a las discusiones sobre estudios sobre construcción de nicho centrados en organismos. La construcción de nicho, explícitamente informada por la teoría de actores red, prestaría atención a “lo social” en la producción de espacio, pero lo social estaría reconceptualizado en términos de “colectivos” en los cuales los humanos estarían vinculados con elementos no humanos, vivientes y no vivientes, físicos y no físicos (Latour 2005). Reconocer esto significaría, entre otras cosas, que los organismos, culturas y entornos tendrían que ser abordados como productos híbridos emergentes de la “naturalezacultura” (Haraway 2008, 6-7; Latour 1993, 7). Por ejemplo, significaría reconocer la herencia naturalcultural del propio país Gimi. Como argumenta West: “la biodiversidad que existe en y alrededor de Maimafu, a través de los patrones de subsistencia que la ONG desea restringir, generó el paisaje en el cual viven. De modo que no hay, por lo tanto, ninguna ‘condición prística’ que haya que preservar” (2006, 178).

La teoría de actores red también muestra cómo pueden llenarse los huecos que siempre se abren en discusiones sobre la cognición distribuida, cuando los analistas se refieren a los ítems que los individuos “conocientes” “cooptan” del mundo exterior a sus cuerpos. De acuerdo con estas versiones, el papel y el lápiz de los que depende una persona para llevar a cabo un cálculo matemático entran y salen de existencia, aislados de aquellas partes del mundo más amplio que las ponen a disposición del individuo “consciente” en primer lugar. La teoría de los actores red no descartaría un análisis enfocado sobre cognición distribuida, pero no cortaría las líneas que entrelazan los lápices y el papel con las papelerías y las empresas papeleras, además de la tala de bosques para obtener pulpa de madera, o los marcos en los cuales el grafito y los cilindros de madera

fueron reunidos por primera vez hace siglos. Incorporar el pensamiento de los actores red a las discusiones sobre los sistemas de desarrollo, sobre los organismos con cognición distribuida y sobre los organismos que transforman partes de sus nichos ecológicos (que pertenecen también a otros) sería, propongo, un movimiento serio hacia el logro de un tratamiento justo para todos ellos. Kendal cita el trabajo temprano de Bonnie Nardi en relación con la teoría de la actividad, pero su obra más reciente también incorpora el pensamiento vinculado con actores red (por ejemplo Nardi 2010; Leonardi *et al.* 2012). Kim Sterelny también podría estar incorporando la lógica de los actores red en su propio trabajo (Schultz 2013b).

Mi artículo de 2013 también examinaba las vinculaciones entre la construcción de nicho y la arqueología. A esa discusión quisiera agregar que ya están teniendo lugar conversaciones entre teóricos de la construcción de nicho y arqueólogos como Reide, y deberían estimularse más conversaciones de este tipo, especialmente con arqueólogos que toman en serio la teoría del actor red (por ejemplo Hodder 2012, Olsen *et al.* 2012, Olsen 2010). Para estos arqueólogos, el tratamiento simétrico de los artefactos y las personas no es asunto de controversia (véase por ejemplo Olsen *et al.* 2011, 11-14). También pueden encontrarse puntos de vista similares en estudios de cultura material realizados por antropólogos socioculturales (por ejemplo, Miller 2005).

Recientemente, el arqueólogo Ian Hodder propuso una relación “distribuida” de la transición neolítica de la caza y la recolección a la agricultura en el suroeste de Asia (2006, 18-19). Su propuesta tiene muchos rasgos que se pueden encontrar también en el uso que hacen los arqueólogos de la teoría del actor red. En primer lugar, se aleja de las explicaciones convencionales que se fundan en un solo evento o causa. Usando ricos materiales provenientes de sitios como Catalhöyük en Turquía, donde ha trabajado por muchos años, Hodder razona que la transición neolítica se puede examinar mejor como “un proceso disperso a través de muchas áreas de la vida”, y “distribuido a lo largo de un periodo de tiempo muy prolongado”, involucrando prácticas conscientes e inconscientes que abarcan personas, artefactos y hábitats, dan pie a nuevos desafíos y provocan respuestas nuevas de las poblaciones humanas (2006, 19). Recientemente, Hodder ha comparado este enfoque (que ahora se llama “entrelazamiento”) con la construcción de nicho:

el concepto de construcción de nicho acerca a los enfoques de la evolución y el entrelazamiento, tal como se define aquí, y sin embargo la noción de nicho sigue siendo bastante pasiva, un telón de fondo para el cambio, en lugar de estar involucrada con las tensiones dialécticas entre todas las dependencias y vinculaciones que abarca el concepto pleno de entrelazamiento. Queda, sin embargo, el potencial para explorar

las maneras en que un enfoque evolutivo puede contribuir a entender las transformaciones de los entrelazamientos (2012, 151).

La conclusión de Hodder es alentadora. No hay duda de que la teoría de construcción de nicho ha tenido un efecto llamativamente estimulante sobre la investigación antropológica, y que existen perspectivas favorables para superar muchos de los rasgos incómodos que en la actualidad inhiben mayor cooperación entre sus partidarios en el campo de la biología evolutiva y sus entusiastas promotores en la antropología. Prestarles atención a las ricas posibilidades que ofrece el entrelazamiento de relaciones sobre el desarrollo con desenlaces abiertos, con relaciones con desenlaces abiertos sobre actores red, puede intimidar a algunos, pero es un riesgo que vale la pena correr. Vincular el potencial innovador del modelo de triple herencia de la construcción de nicho con intuiciones provenientes de la teoría de sistemas de desarrollo y de la teoría de actores red permite señalar caminos hacia maneras frescas y poderosas de teorizar sobre las vinculaciones culturales, biológicas y ecológicas—las vinculaciones naturalculturales— que caracterizan la historia evolutiva humana. □

## Referencias

- Barnard, Alan. *History and Theory in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Boyd, Robert y Peter J. Richerson. *Culture and the Evolutionary Process*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.
- Callon, Michel. «Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St. Brieuc Bay.» En *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge*, editado por John Law, 196-233. Londres: Routledge, 1986.
- . «Techno-Economic Networks and Irreversibility.» En *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, editado por John Law, 132-65. Londres: Routledge, 1991.
- Clark, Andy. «Precis of Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension.» *Philosophical Studies* 152 (2011): 413-16.
- . «Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension.» Oxford University Press, Nueva York, 2008.
- Fuentes, Agustín. «Monkeys, Humans and Politics in the Mentawai Islands: No Simple Solutions in a Complex World.» En *Primates Face to Face: The Conservation Implications of Human and Nonhuman Primate Interconnections*, Agustín Fuentes (Ed.) y L. D. Wolfe, 187-207. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

- . «Ethnoprimatology and the Anthropology of the Human-Primate Interface.» *Annual Review of Anthropology* 41, (2012): 101-47.
- y L. D. Wolfe. *Primates Face to Face: The Conservation Implications of Human and Nonhuman Primate Interconnections*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- , Matthew Wyczalkowski y Katherine C. MacKinnon. «Niche Construction Through Cooperation: A Nonlinear Dynamics Contribution to Modeling Facets of the Evolutionary History in the Genus Homo.» *Current Anthropology* 51, nº 3 (2010): 435-44.
- Gravlee, C. «Race, Biology, and Culture: Rethinking the Connections.» En *Anthropology of Race*, editado por John Hartigan, 21-41. Santa Fe, NM: School for American Research, 2013.
- , H. Russell Bernard y William R. Leonard. «Boas's Changes in Bodily Form: The Immigrant Study, Cranial Plasticity, and Boas's Physical Anthropology.» *American Anthropologist* 105, nº 2 (2003a): 326-32.
- , H. Russell Bernard y William R. Leonard. «Heredity, Environment, and Cranial Form: A Re-Analysis of Boas's Immigrant Data.» *American Anthropologist* 105, nº 1, (2003b): 125-38.
- Gray, Chris Hables. *The Cyborg Handbook*. Nueva York: Routledge, 1995.
- Griffiths, Paul y Russell Gray. «Darwinism and Developmental Systems.» En *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*, editado por Susan Oyama, Paul Griffiths y Russell Gray, 195-218. Cambridge Massachusetts: MIT Press, 2001.
- Haraway, Donna J. *Primate Visions. Gender, Race, and Nature in the World of Modern Science*, Nueva York: Routledge, 1989.
- . *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*. Nueva York: Routledge, 1991.
- . *When Species Meet*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2008.
- Hodder, Ian. *The Leopard's Tale: Revealing the Mysteries of Çatalhöyük*. Londres: Thames & Hudson, 2006.
- . *Entangled: An Archaeology of the Relationships between Humans and Things*. NY: John Wiley & Sons, 2012, 264.
- Hutchins, Will. *Cognition in the Wild*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995.
- Ingold, Tim. «The Trouble With 'Evolutionary Biology.'» *Anthropology Today* 2, nº 23 (2007a): 13-17.
- . *Being Alive: Essays on Movement, Knowledge and Description*. Londres y Nueva York: Routledge, 2011.
- . *Lines: A Brief History*. Londres y Nueva York: Routledge, 2007b.

- . *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling & Skill.* Londres y Nueva York: Routledge, 2000.
- Kendal, Jeremy, Jamshid Tehrani y F. J. Odling-Smee. «Human Niche Construction in Interdisciplinary Focus.» *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci* 366 (2011): 785-92.
- . «Cultural Niche Construction and Human Learning Environments: Investigating Sociocultural Perspectives.» *Biological Theory* 6 (2011): 241-50.
- Laland, Kevin, F. J. Odling-Smee y Marcus W. Feldman. «On the Breadth and Significance of Niche Construction: A Reply to Griffiths, Okasha and Sterelny.» *Biol. Phil.* 20 (2005): 37-55.
- , F. J. Odling-Smee, W. Hoppitt y Marcus W. Feldman. «Proximate and Ultimate: A Debate.» *Biology and Philosophy* 28, nº 5 (2013): 719-810.
- Lansing, J. Stephen. *Perfect Order: Recognizing Complexity in Bali.* Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press, 2006.
- y Karyn M. Fox. "Niche Construction on Bali: The Gods of the Countryside." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 366 (2011): 927-934.
- Latour, Bruno. «Networks, Societies, Spheres: Reflections of an Actor-Network Theorist. International Journal of Communication.» *International Journal of Communication* 5 (2011): 796-810.
- . *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-theory.* Oxford y Nueva York: Oxford University Press, 2005.
- . *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society.* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1987.
- . *We Have Never Been Modern.* Harvard University Press, 1993.
- Leonardi, Paul M., Bonnie Nardi y Jannis Kallinikos (Eds.). *Materiality and Organizing.* Oxford: Oxford University Press, 2012.
- Lewens, Tim. «The Kinetic Theory of Culture.» *Paper presented at the meetings of the International Society for the History, Social Studies, and Philosophy of Biology*, 2013.
- Nardi, Bonnie A. «Studying Context: A Comparison of Activity Theory, Situated Action Models, and Distributed Cognition.» En *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interactions*, editado por Bonnie Nardi. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. 1996.
- . *My Life as a Night Elf Priest.* Ann Arbor: University of Michigan Press, 2010.
- Odling-Smee, F. John, Kevin N. Laland y Marcus W. Feldman. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution.* Nueva Jersey: Princeton University Press, 2003.
- Oswalt, Wendall. *An Anthropological Analysis of Food-Getting Technology.* Nueva York: John Wiley and Sons, 1976.

- Oyama, Susan. «Sustainable Development: Living With Systems.» *Paper presented at meetings of the International Society for History, Philosophy, and Social Studies of Biology*, 2011.
- Pigliucci, Massimo y Gert Miller. *Evolution: the Extended Synthesis*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2010.
- Reide, Felix. «Adaptation and Niche Construction in Human Prehistory: A Case Study From the Southern Scandinavian Late Glacial.» *Phil. Trans. R. Soc. B* 366, 793-808.
- Richerson, Peter y Robert Boyd. *Not By Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- Schultz, Emily. «Backing Into the Actor Network? Wrestling With the Implications of Niche Construction and Human Cultural History.» *Paper presented at meetings of the International Society for the History, Philosophy, and Social Studies of Science*, 2013a.
- . «New Perspectives on Organism-Environment Interactions in Anthropology.» En *Entangled Life*, editado por Gillian Barker, Eric Desjardins y Trevor Pearce, 79-102. Dordrecht: Springer. 2013b.
- . «Resolving the Anti-Antievolutionism Dilemma: A Brief for Relational Evolutionary Thinking in Anthropology.» *American Anthropologist* 111, nº 2 (2009): 224-37.
- Sterelny, Kim. «Made By Each Other: Organisms and Their Environment.» *Biology and Philosophy* 20 (2005): 21-36.
- . *The Evolved Apprentice*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2012.
- Strier, Karen. «Conservation.» En *Primates in Perspective*, (segunda edición) editado por Christina J. Campbell, Agustin Fuentes, Katherine C. MacKinnon, Melissa Panger y Simon K. Bearder, 664-75. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- Tsing, Anna L. *Friction: An Ethnography of Global Connection*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press, 2005.
- West, Paige. *Conservation is Our Government Now: The Politics of Ecology in Papua New Guinea*. Durham, Carolina del Norte: Duke University Press, 2006.
- Wheeler, M, y A. Clark. «Culture, Embodiment, and Genes: Unraveling the Triple Helix.» *Philos Trans R Soc B* 363 (2008): 3536-75.
- Wilson, David Sloan. *Darwin's Cathedral: Evolution, Religion and the Nature of Society*. Chicago: University of Chicago Press, 2002.
- Yanagisako, Sylvia. «Flexible Disciplinarity: Beyond the Americanist Tradition.» En *Unwrapping the Sacred Bundle: Reflections on the Disciplining of Anthropology*, editado por Daniel Segal, y Yanagisako, Sylvia. 78-98. Durham, Carolina del Norte: Duke University Press. 2005.

# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

enfoques

# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CUERPOS

Volumen 2 | Número 1

# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CIUDADES

# INTERdisciplina

REVISTA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES  
INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

RACISMOS

Volumen 2 | Número 4 | septiembre-diciembre

EVOLUCIONISMO

Volumen 3 | Número 5 | enero-abril 2015

\$100.00



## Próximos temas

- Medicina y complejidad
- Sustentabilidad
- Feminismos

Consúltala en:  
[www.interdisciplina.unam.mx](http://www.interdisciplina.unam.mx)  
[www.ceiich.unam.mx](http://www.ceiich.unam.mx)

Fabrizio Guerrero McManus\*

## Emociones políticas y constructivismo social evolutivo. El asco como sustento de la homofobia

**Resumen** | En este texto se argumenta que la homofobia es ante todo una emoción política. Como tal, demanda un análisis minucioso e interdisciplinario que reconozca tanto las causas culturales e históricas de la misma como su asiento en un aparato motivational capaz de refuncionalizar emociones primarias como el asco para así dirigirlas a ciertos tipos de personas, en este caso, a los homosexuales. Dicho análisis nos permite generar alianzas inusitadas ya que se permite la construcción de una perspectiva que integre a ciencias naturales, sociales y humanas sin caer en los antagonismos que normalmente han minado esfuerzos parecidos en tópicos semejantes como el de la naturaleza humana.

161

***Political Emotions and Evolutionary Social Constructivism. Disgust as Sustenance of Homophobia***

**Abstract** | In this paper I claim that homophobia is first and foremost a political emotion. As such, it must be regarded in terms of its cultural and historical causes but, also, in terms of the motivational structure that backs it. This demands an interdisciplinary perspective capable of showing how a basic emotion such as disgust can acquire moral dimensions that lead to the discrimination of homosexuals. Furthermore, this topic strongly redefines the alliances and quarrels among the natural, the social and the human sciences because, in opposition to what we encounter in the topic of human nature in general, in this particular case a fruitful dialogue seems to be less troublesome to produce

**Palabras clave** | homofobia – homosexualidad – asco – emociones políticas – constructivismo social evolutivo

**Keywords** | homophobia – homosexuality – disgust – political emotions – evolutionary social constructivism

---

\* Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades-Universidad Nacional Autónoma de México. **Correo electrónico:** fabriziomc@gmail.com

Oiga Doctor, ¿a qué se debe el homosexualismo? En los hombres se debe al miedo y rechazo a la figura femenina, que tiene su origen en el miedo y rechazo hacia la madre. En otras ocasiones el hijo se vuelve homosexual porque se siente comprometido con su mamá y tiene miedo a traicionarla si se enamora de otra (Torres Latorre 2007, 64).

Algunos hombres deciden cambiar de sexo haciéndose una operación quirúrgica para quitarse el pene, los testículos y formar una especie de vagina. ¿Cómo pueden ser mujeres si en cada una de sus células tienen cromosomas masculinos? Me he enterado que algunos de ellos se suicidan después de la operación al darse cuenta de que lo que hicieron fue en contra de ellos mismos (Torres Latorre 2007, 64).

QUISE INICIAR CON este par de citas por dos razones. Primero, en ambas queda retratado cierto *ethos* que no sólo tiene como objetivo preguntarse acerca de las causas de la homosexualidad sino que, y al mismo tiempo, busca colocar a la homosexualidad como un fallo o disfunción; no hay aquí, por tanto, una demanda de explicación —o, al menos, no nada más— sino, más bien, un cierto elemento de desprecio, una denegación del derecho a la existencia. Se explica así *repudiando* al homosexual y arrojándolo al estatus de equivocación, de accidente.

Segundo, ambas citas fueron extraídas de una misma fuente —incluso de la misma página— pero, curiosamente, apuntalan la existencia de una tensión. Por un lado, la segunda cita se decanta por una concepción de la sexualidad altamente naturalizada, una concepción en la cual la sexualidad emana de la biología, emana de la base material del cuerpo del sujeto como si las normas del sistema sexo-género simplemente se nos hicieran *manifiestas* a partir de nuestra biología. Por otro lado, la primera cita señala que, sin embargo, esa norma sexual propia del cuerpo nos es epistémicamente *opaca* en tanto sujetos con conciencia, es decir, no es autoevidente para la conciencia misma el saber cómo debe ejercer su deseo y su rol de género. Es por ello que de hecho puede haber, como sugiere la primera cita, un “autoengaño” en el cual el sujeto sufre una suerte de escisión patológica entre su naturaleza y su construcción psíquica.

Así, estas dos citas nos sirven para establecer a muy grandes rasgos una cartografía de las relaciones entre homosexualidad, homofobia y saberes. Habría una cierta polaridad que constantemente da por sentada la naturalidad de la heterosexualidad sobre la base de una normatividad emanada del cuerpo, una normatividad que se pretende complementarista, ya que ve al hombre y a la mujer como piezas de un todo que no puede ser conectado de otra forma y que no puede funcionar sino para reproducir a la especie (Guerrero McManus 2012).

Bajo el dominio de esta polaridad es que han ocurrido innumerables episodios de esa batalla cultural en la cual naturalistas y constructivistas han buscado dar cuenta del homosexual ya sea como (i) enfermo, (ii) misterio Darwiniano, (iii) un desafortunado accidente del egoísmo de nuestros genes, (iv) un afortunado accidente de la cooperación o, (v) un constructo histórico-social que no tendría más de 150 años. Si ha habido un campo minado para la interdisciplina, éste ha sido el de las guerras de las ciencias en el ámbito de la naturaleza humana (Guerrero McManus 2013).

No obstante, recientemente ha comenzado a gestarse una polaridad diferente y que se centra en un análisis de las posibles sinergias entre la biología, en especial la biología evolutiva, y las ciencias sociales y humanas (Guerrero McManus 2014). Esta polaridad ya no presupone que la homosexualidad deba ser el foco de interés y, con ello, se distancia de este presupuesto más o menos tácito que anexa a la demanda de explicación ese ya mencionado repudio ante el hecho de que el homosexual exista. Esta polaridad, por el contrario, se preocupa por la existencia de la homofobia en tanto discurso pero, y quizás aún más importante, en tanto *emoción política*.

Este texto busca justamente examinar esta polaridad que ofrece un terreno fecundo para un diálogo interdisciplinario que deje finalmente de ser una confrontación entre disciplinas y que, quizás incluso, aspire a ser transdisciplinario, puesto que los alcances de un debate en torno a la homofobia como emoción política sin duda rebasan los confines de la academia.

Mi objetivo es, por tanto, describir de forma general qué es este constructivismo social evolutivo (CSE). Buscaré convencer al lector acerca de la posibilidad de releer los antiguos desencuentros como preludios de un acercamiento. Así también, quiero examinar la fecundidad de dicho enfoque más allá de los confines tradicionales de las guerras de las ciencias; mostrar que allí donde importa se hace una diferencia. Mostrar que nuestra doble historicidad es inescapable como tema político.

Para ello el texto se divide en cinco breves secciones y una conclusión. Primero, en un primer preludio intentaré hacer ver cómo en la historia de la biología han habido autores que buscan rescatar los temas de las emociones y las normas sin reducirlos a meros epifenómenos de unos genes presuntamente egoístas. Segundo, en otro preludio haré un esfuerzo similar que busque elucidar cómo el tópico de la arquitectura de la mente es ineludible, un tópico que nos arroja por fuerza a una búsqueda de la historia de la mente humana. Tercero, presentaré al constructivismo social evolutivo como una posición viable que busca alimentarse de ambas corrientes. Cuarto, en un breve interludio me centraré en el tema de la homofobia como emoción; una emoción revestida de odio y de asco pero, a veces, también revestida de deseo. Quinto, aplicaré los

elementos del CSE para enfatizar la forma en la cual dichas emociones se van conformando. Por último, cerraré con una breve conclusión.

### Primer preludio: *bios* y *ánthropos*

Hay sin duda una parte importante de la biología evolutiva que tiende a considerar a los organismos como meros vehículos controlados por sus genes; hablo aquí por supuesto de esa tradición sociobiológica y genocéntrica que se ejemplifica en autores como E. O. Wilson, R. Trivers y Richard Dawkins. En esta tradición los motivos psicológicos que causan una conducta —sean éstos razones o emociones— suelen considerarse egoístas incluso si a primera instancia la conducta en sí parece altruista o generosa (Muñoz Rubio 2006).

Desde luego, me refiero en este momento a la aplicación de dichos modelos al caso humano. Cuando hablamos de animales no humanos este lenguaje intencionalista que discurre acerca de los motivos psicológicos es visto como sospechoso, como altamente antropomórfico y, finalmente, como metodológicamente fallido ya que asume una vida mental en los organismos bajo estudio que simplemente no puede probarse. En todo caso, se le emplea como heurística y como metáfora pero sin asumir que los animales no humanos puedan tener motivaciones psicológicas que remitan a una vida mental.<sup>1</sup>

Bajo esta lógica cualquier conducta que un organismo realiza y que parece beneficiar a otros es reducida simplemente a una forma de egoísmo gobernada por los genes y explicable como resultado del *altruismo recíproco* —en la cual dos organismos cooperan para su mutuo beneficio—, de la *adecuación inclusiva* —en la cual un organismo beneficia a sus propios genes al ayudar a sus parentes— o de modelos que, si bien son algo más complejos, continúan asumiendo que la vida mental de los animales no humanos es no únicamente un reto metodológico sino que es una especie de ontología ficticia que se usa como metáfora para señalar un aparato motivacional que puede y debe retrotraerse a los genes.

1 Se me puede objetar en este punto que no es tanto que no se reconozca una vida mental sino que se asume que dicha vida mental es profundamente rígida y está gobernada por "instintos innatos" o por conductas "especie-típicas" naturalmente seleccionadas. Incluso en especies *altriciales* que exhiben gran capacidad de aprendizaje se señala que este aprendizaje es de dominio-específico y que tiene un alto componente innatista que posibilita ciertas formas de aprendizaje que resultan benéficas en el contexto ecológico del organismo. La discusión en torno a la plasticidad cognitiva de los animales no humanos sería entonces profundamente relevante ya que implicaría que éstos tienen de hecho una mayor agencia de la que se les otorga cuando todo se presenta en términos innatistas. Por simplicidad he decidido dejar fuera de la discusión a este punto.

Este conjunto de normas no es desde luego gratuito. Obedece a un intento por asentar una base *objetiva* para el estudio del comportamiento de los animales no humanos. Se piensa así que hay sin duda un predicamento irresoluble en lo que respecta al *acceso a las otras mentes* de los animales no humanos. De igual manera se reconoce que, al emplear un vocabulario intencional, se abre la puerta a la famosa *subjetivización epistémica de la explicación*,<sup>2</sup> es decir, a que un observador dé cuenta de las conductas que observa a la luz de su propia idiosincrasia y no a la luz de los motivos para actuar que el animal bajo estudio pueda de hecho tener. Para evitar ambos problemas se da un abordaje netamente conductista que elimina la carga ontológica del lenguaje intencional y lo reduce a mera metáfora; asimismo, se busca hacer mensurable a la conducta al analizarla en términos de variables cuantificables como número de crías, esperanza de vida, cópulas extrapareja, etc.

Sin duda este giro hacia la construcción de una objetividad procedimental que permite el estudio intersubjetivo de las conductas de los animales no humanos tiene por tanto una razón de ser. Parece vencer el ya mencionado problema de la subjetivización. Así también, permite la aplicación de modelos extraídos de la Teoría de Juegos. Esto último es fundamental ya que permite darle un sentido al uso metafórico de ese lenguaje intencional; así, ya no es que haya un razonamiento de parte del animal no humano sino que hay, únicamente, una regla codificada en sus genes, una regla que constituye una *estrategia evolutivamente estable* (EEE) lo cual básicamente se corresponde con un *Equilibrio de Nash* en una construcción clásica de la Teoría de Juegos (Roughgarden 2009).

Ahora bien, hay un precio enorme que se paga por esta objetividad. Básicamente, se genera una *discontinuidad evolutiva* en el plano ontológico y en el plano epistemológico. En el primer caso esto se observa al postular que los seres humanos somos la única especie en la cual el lenguaje intencional puede usarse de modo no metafórico, es decir, al asumir que somos la única especie con una rica vida mental; empero, usualmente en esta corriente sociobiológica esto se reconoce pero se añade que nuestras motivaciones evolutivamente generadas y asentadas en los genes nos son *opacas* y, por tanto, creemos que actuamos de formas altruistas cuando en realidad esto no es así.

En el segundo caso esta discontinuidad se observa al reconocer la existencia de un doble estándar para la aceptabilidad de una explicación. En el caso humano es sensato y legítimo aceptar explicaciones intencionales ancladas en la vida mental de las personas; en el caso de animales no humanos esto no es así: dichas explicaciones deben tomarse como heurísticas que finalmente se refrasearán en

<sup>2</sup> Para una adecuada presentación del problema de la subjetivización epistémica de la explicación véase Salmon (1989).

un lenguaje que, si bien puede ser teleológico, lo es únicamente al invocar a la selección natural.

Desafortunadamente esto conlleva la creación de una distinción de clase en donde muy probablemente haya sólo una distinción de grado. Y es que, de manera por demás natural, podemos reconocer que explicar la conducta de una esponja no puede ser ni metodológica ni epistémicamente el mismo reto que el explicar la conducta de un chimpancé. El segundo pero no la primera está más cerca de nosotros en términos evolutivos. Ello implica que su sistema nervioso, su estructura social y su dinámica ecológica se asemejan mucho más a los nuestros que a los de una esponja.

Es por ello que filósofos como Daniel Dennett (1998) recomiendan que, en el caso de los primates y algunos otros animales conductualmente sofisticados, nos tomemos el lenguaje intencional de manera literal. Esta *actitud intencional*, como la ha llamado, presupone que la primatología —y quizás el estudio de aves y mamíferos— está mucho más cerca de ser una ciencia social que una ciencia natural. Esto en el siguiente sentido: Si reconocemos como válida la distinción de Dilthey (y otros como von Wright [1971] o Apel [1984]) entre *ciencias de la explicación* que se centran en *causas* y *ciencias de la comprensión* que se centran en *razones*, entonces tendremos que aceptar que los primates, en especial los simios, pero también los cetáceos, se nos presentan fundamentalmente como un reto *hermeneútico* y no tanto como un predicamento causal.

Ahora bien, dicha vena interpretativa está presente en la primatología desde sus inicios. Gregory Radick (2007) ha mostrado cómo los trabajos seminales de Richard Lynch Garner a finales del siglo XIX presuponían no únicamente una rica vida mental en los simios, sino un lenguaje y una estructura social que lo llevaron a pensar que incluso sería posible la creación de un tratado comercial con la nación de los gorilas; así también, Radick ha mostrado la importancia metodológica que tuvieron los trabajos de Garner no sólo en primatología sino en antropología. Un personaje igualmente importante pero de comienzos del siglo XX fue Edward Westermack quien llegó a teorizar acerca de las *emociones retributivas* como una base no únicamente de la moral sino quizás de nuestra idea de justicia (de Waal 2006). Desde luego, ambos esfuerzos se pueden rastrear hasta los trabajos seminales del mismo Charles Darwin acerca de la evolución de las emociones y, de manera asociada, de la moral.

Dentro de esta misma tradición encontramos a importantes primatólogos como Peter Marler (Radick 2007) y Frans de Waal (2006). El primero se hizo famoso al reintroducir las técnicas de análisis de fonación que Garner usara en el siglo XIX. Su intención no era ya encontrar un lenguaje ni celebrar un tratado comercial sino, más bien, reconocer las dimensiones afectivas y cognitivas que estaban presentes en la comunicación entre primates. Por su parte, de Waal ha

adquirido fama por su demoledora crítica en contra de esa denegación antropológica de nuestra continuidad evolutiva.

Aquí por supuesto, y para cerrar esta sección, vale la pena hacer una distinción entre la tradición sociobiológica y la tradición primatológica. Ambas parecen crear un espacio interdisciplinario que busca abordar la *biología de lo social*. Sin embargo, la tradición sociobiológica, al enfatizar la búsqueda de explicaciones causales objetivas, termina por contestar ante el reto de las otras mentes no humanas con un giro escéptico —cuando no eliminativista— que reduce toda motivación psíquica a un mero espejismo.

Por otro lado, la tradición primatológica se construye como un esfuerzo interdisciplinario que busca llevar las herramientas de la antropología a especies no humanas; sin duda hay un problema epistemológico ante el cómo podemos acceder a las mentes no humanas.<sup>3</sup> Pero esta tradición apuesta por reconocer el problema y señalar que una respuesta eliminativista o escéptica tiene tres consecuencias indeseables.

Primero, hace del surgimiento de la conciencia, la razón y la emoción —cuando no de la moral y la política— un misterio Darwiniano. Esto es así porque, al asumir que simplemente son atributos humanos sin ningún correlato animal, se nos arroja ante el viejo problema de cómo explicar las *novedades evolutivas*. Segundo, trivializa las conductas observadas en mamíferos y aves al punto de negarles toda forma de agencia en vez de explorar alternativas deflacionarias de dicho concepto que involucren, por ejemplo, una racionalidad mínima, una estructura emocional compleja pero ajena al lenguaje y, finalmente, una agencia situada. Dicha agencia situada consistiría en una forma de actuar en la cual los animales no humanos (y humanos) no se conducen por medio de representaciones omnicomprensivas que permitan desarrollar soluciones globalmente óptimas sino que, más bien, dichos animales operarían a través de representaciones parciales de su contexto, representaciones que les permiten operar de manera eficaz al posibilitar conductas satisfactorias pero sin que necesariamente éstas ofrezcan soluciones óptimas (Sterelny 2001; 2012). Tercero, conlleva

<sup>3</sup> Pareciera que ni el *Principio de caridad* (Davidson) ni el *Principio de Humanidad* (Stich) son completamente aplicables ya que el primero asume que el observado razona y siente como el observador; ello obviamente no es el caso con primates no humanos. Por otro lado, el segundo principio asume que podemos comprender la forma en la cual el observado actúa incluso si éste razona o siente de formas diferentes (sobre esto consultese el texto clásico de Davidson [1984]). Desafortunadamente esto pasa por alto, como señalaba von Uexkull, que distintas biologías implican distintos mundos —*umwelts*— es decir, muy distintas formas de percibir al mundo (Ostachuk 2013). Thomas Nagel (1974) de forma por demás clara plantea esta pregunta en su ensayo *What is it like to be a bat?*; en dicho texto parece señalar que nos está vedada esta respuesta precisamente porque nuestra biología es tan diferente que nuestro *umwelt* y el de los murciélagos son básicamente incommensurables.

una denegación antropológica del *bios* como sustrato del *ánthropos*; y es que, si bien la tradición sociobiológica buscó una *identificación reductiva* del segundo hacia el primero que resultó profundamente perniciosa, esto no debe llevarnos a suponer que la solución es postular una disociación absoluta.

Explorar esta relación entre el *bios* y el *ánthropos* sin caer en ambos extremos es justamente uno de los cometidos del Constructivismo Social Evolutivo.

## Segundo preludio: *ánthropos, logos* y *psyche*

En un artículo clásico intitulado *Ideología y Aparatos Ideológicos de Estado*, Louis Althusser (1971) propone lo que muchos consideran una de las tesis fundamentales para comprender el tránsito entre el estructuralismo y el postestructuralismo en Francia (tal es la opinión de, por ejemplo, Gayatri Spivak [1988]). En una parte de dicho texto Althusser comenta que la noción de ideología tiene una faceta que excede a las dimensiones estructurales de la economía, el lenguaje y la comunicación mediada por aparatos ideológicos como los medios masivos de comunicación.

Esta dimensión, dice Althusser, es la dimensión del Sujeto. Esto es así porque la noción de ideología requiere de una noción de Sujeto que sea compatible con los mecanismos denunciados por diversos teóricos marxistas como generadores de ideología en tanto falsa conciencia. Esto es así porque, si el Sujeto resultara ser inmune a todo esfuerzo por manipularlo o fuera capaz de eludir fallas sistemáticas en la comunicación, entonces parecería que la ideología en tanto falsa conciencia es algo que simplemente no puede de facto ocurrir. Es decir, si el liberalismo clásico (de Hobbes o de Smith) hubiese atinado en su descripción del ser humano como un Sujeto perfectamente racional y preexistente a todo contrato social, entonces simplemente la *transparencia epistémica* tanto del mundo social como de sus propios intereses habría hecho imposible que este Sujeto fuera justamente presa de la ideología.

Sabemos por supuesto que esta concepción liberal clásica ha sido puesta en duda. Empero, lo que de hecho no sabemos, agrega Althusser, es el tipo de Sujeto que de hecho somos y, por tanto, no tenemos claro si las formas en las que describimos cómo opera la ideología son de hecho aplicables a situaciones concretas o si son, por el contrario, meros constructos teóricos. Es por ello que Althusser encuentra un aliado fundamental en el psicoanálisis lacaniano.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Aquí vale la pena mencionar otras posibles formas de resolver este problema. Por ejemplo, Jürgen Habermas define a la ideología como una falla sistemática en el proceso comunicacional. Ello lo lleva a reconocer que es importante comprender cómo ocurre el proceso cognitivo tanto en el emisor como en el receptor. Curiosamente, Habermas ofrece

Lo que este saber parece aportarle al marxismo es justamente una teoría del Sujeto que explica dinámicas estructurales internas al mismo y que complementan los análisis estructurales que aporta el marxismo estructural de Althusser. Sin embargo, hay un punto que parece escapársele al propio Althusser y es que el psicoanálisis no únicamente proporcionó una teoría del Sujeto sino que, también, aportó una teoría de la mente.

Este último punto es fundamental por la siguiente razón. Así como se presenta el predicamento del Sujeto para el caso de la ideología, es decir, que si no sabemos qué tipo de Sujeto somos entonces no sabemos cómo de hecho opera la ideología, así también ocurre que no es posible comprender los procesos de subjetivación que se experimentan sin haber detallado el tipo de teoría de la mente que asumimos. Por ende, el psicoanálisis —tanto freudiano como lacaniano— versa no sólo acerca de cómo ocurre el proceso de subjetivación sino también acerca de qué tipo de ontología es la que caracteriza a la mente, esto es, qué tipo de entidades y dinámicas de hecho posee.

Quizás elaborar este punto requiere volver al ejemplo del liberalismo clásico. Si ese Sujeto hubiese sido el caso, entonces muy probablemente habría sido el caso por la inexistencia de un Superego o un Id —si somos freudianos— o por la inexistencia de lo Real o el Nombre del Padre —si somos lacanianos—; es decir, así como una teoría de la ideología nos retrotrae a una teoría del sujeto, así también una teoría del sujeto nos retrotrae a una teoría de la mente.

Althusser desde luego no fue el único marxista en percibirse acerca de la relación entre marxismo y psicoanálisis al prestar atención a la relación entre ideología y subjetividad. El otro gran ejemplo es sin duda Herbert Marcuse. En su famosísimo libro *Eros y Civilización* (1965) él describe cómo se va generando una *plus-represión* mientras avanzamos en el proceso de industrialización que culmina en un capitalismo en el cual Eros está altamente reprimido.

Esta tesis es fundamental por al menos tres razones. Primero, en contra del canon psicoanalítico que inaugura Freud, Marcuse se atreve a señalar la historicidad de las dinámicas mentales del Sujeto; una historicidad que en este texto habrá de resultar fundamental si hemos de buscar conexiones con el pensamiento evolutivo. Así, ya no son exportables los modelos de la Viena de fin del siglo XIX a toda nuestra historia. Segundo, Marcuse señala con toda claridad que dicha historicidad está imbricada con la historicidad de las formas de

---

una solución biológico-al rastrear cuatro virtudes del lenguaje (comprensibilidad, veracidad, sinceridad y corrección) como resultados de un proceso evolutivo que generó a nivel filogenético sujetos que de hecho encarnan dichas virtudes y que, por tanto, pueden construir un espacio para dar y pedir razones que trascienda a la ideología. Sobre este punto de la Teoría crítica consultese Held (1980).

producción y, por tanto, con la materialidad misma del Sujeto; por ello, su visión acerca del placer y la represión implica una visión en la cual la mente y sus dinámicas admiten una fuerte historicidad antropológica. Tercero y último, Marcuse apela a una dimensión afectiva como parte ineliminable de todo análisis sobre el Sujeto, con lo cual abre la posibilidad de trascender aquellos análisis que conciben a lo humano en términos puramente racionales.

En todo caso, serán filósofos como Jacques Derrida quienes expliciten la imbricación entre ideología, subjetividad, historicidad y teorías de la mente. En su famosa polémica con John Searle, Derrida enfatiza que la intencionalidad de lo mental —esa propiedad de ser acerca de algo externo a la mente— nunca se traduce en plena presencia, en plena conciencia, de lo que se representa; siempre queda, como solía decir, un secreto en tanto algo no dicho. Esto es así porque la posición de Sujeto que cada quien ocupa es siempre ligeramente diferente porque cada quien ha tenido una historia de vida distinta (Derrida 1994; Derrida y Ferraris 2009; Navarro 2010).

La comprensión sí es posible pero no la comprensión plena. De ahí que las estructuras nunca logren determinar por completo a un Sujeto, de ahí que tampoco el Sujeto pueda determinar a las estructuras a cabalidad.

Pero, dejando de lado dichas consecuencias, Derrida también se pregunta acerca de cómo debe ser la mente —o lo mental— para hacer de hecho posible estos fenómenos de comunicación que, sin embargo, esconden siempre la posibilidad de un *secreto*, de una diferencia interpretativa irreductible; en su libro *Los Espectros de Marx* (Derrida 1994) queda por demás claro que hay dos propiedades fundamentales que hacen posible esto. Por un lado, está la propiedad de la *citacionalidad* del lenguaje que está asociada a la dehiscencia entre representación y objeto y que permite, por tanto, que las palabras se puedan desplegar en infinidad de ocasiones. Por otro lado, está la propiedad de la *inscripcionalidad* de la mente que básicamente implica que nuestra mente va acumulando capas y capas de experiencia y significación que van a precondicionar cómo habitamos un mundo. En ambas propiedades hay una indudable comprensión del Sujeto como irreduciblemente histórico. La pregunta es, por supuesto, ¿qué tan histórico? ¿Es ésta la historicidad del *ánthropos* o la del *bios*?

Antes de responder vale la pena reiterar que, con este tránsito, se cierra el ciclo que va de la historicidad del *ánthropos* pensada a través de una historia material de los modos de producción y que ahora da lugar a una reflexión sobre la historicidad del Sujeto en sus dimensiones simbólicas, cognitivas y afectivas al poner en evidencia cómo una Teoría del Sujeto y una Teoría de la Mente son inescapables incluso para una visión puramente materialista. Con esto también se señala el punto de convergencia entre una tradición biológica y una tradición humanística: la complejidad cognitiva y afectiva de lo humano.

Derrida mismo estaba plenamente consciente de ello y por eso es que creo que su noción de historicidad remite a ambas facetas, la antropológica y la evolutiva. De hecho, en su libro *El animal que luego estoy si(gui)endo* (2008) afirma que le escandaliza el desdén que la tradición filosófica ha tenido ante esa obvia faceta de la animalidad de lo humano. Para Derrida una discusión seria con la biología de la conducta es no sólo deseable sino urgente.

Ello por tres razones. Primero, la frontera entre lo animal y lo humano se ha usado históricamente para menospreciar a grupos de seres humanos que han sido reducidos a meros objetos, a meras propiedades, a meras bestias de carga, etc... Segundo, porque en nuestro encuentro fenomenológico con algunos animales lo que contemplamos es a un otro —radicalmente Otro— y que, sin embargo, reconocemos como un agente con intereses y no como un objeto. Ello debería motivar una profunda reflexión filosófica acerca de aquello de humano que encontramos en los animales y aquello de animal que sin duda tenemos.

Tercero y relacionado, porque en ese encuentro con el Otro Animal hay una apuesta por concederles un estatus moral. Ya que, como ha sostenido Peter Singer (2003), los animales son pacientes morales y como tales son un sujeto de preocupación moral para las éticas que, si bien son antropogénicas, no son ya antropocéntricas pues reconocen la agencia del animal y, con ello, su dignidad.

Así, Derrida cierra por completo el círculo. La historicidad de lo humano es doble: es la de *ánthropos* y también la de *Homo sapiens*; la primera recupera nuestra complejidad normativa y cultural, mientras que la segunda expande el círculo de nuestra reflexión moral más allá de nosotros mismos y nos obliga a conectar a la filosofía con lo mejor del pensamiento evolutivo. El tema por supuesto es el de las emociones morales y en él confluyen epistemología y ética, sociología, historia, biología y filosofía, el *Bios* y el *ánthropos*.

## Constructivismo social evolutivo

Queda ahora el reto de conectar ambos preludios. Yo he anticipado que mi apuesta es al Constructivismo Social Evolutivo por razones que se verán a continuación. Sin embargo, antes de entrar en detalles vale la pena una mínima historia acerca de este término. Como tal, fue propuesto por el filósofo y biólogo evolutivo David Sloan Wilson (2005). Es importante tener en claro que Wilson es una de las plumas más respetadas en el tópico de la evolución del altruismo y las conductas morales, por un lado, y un férreo defensor de la distinción entre dinámicas motivacionales a nivel psíquico y los procesos evolutivos a nivel filogenético, por otro; esto último es importante porque sienta las bases de una lectura no escéptica ni eliminativista acerca de los motivos psíquicos de los agentes a la hora de actuar.

Básicamente, la propuesta inicial de Wilson enfatizaba tres elementos centrales. Primero, Wilson tenía en claro que las propuestas constructivistas sociales usualmente tienen un ánimo justiciero que no debe ser desdeñado. Sin embargo, añadía, dichas propuestas suelen ser presa —según él— de malentendidos acerca de lo que los biólogos en realidad están afirmando al debatir temas como la evolución de la moral y la naturaleza humana. Segundo, Wilson quería resaltar la importancia que tiene la *plasticidad fenotípica* de los organismos al indicar que un genoma tiene asociada una *norma de reacción* que permite la construcción de diversos fenotipos de acuerdo con los contextos ambientales en los que se expresa; esto implica, nos dice Wilson, que no puede pensarse lo genético como una esencia inamovible puesto que muchas veces es una conjugación de elementos ambientales y genéticos, lo que genera cierto fenotipo y no única y exclusivamente un componente genético aislado.

Tercero, y quizás más importante, Wilson (2005) buscaba recordarnos la existencia de unidades evolutivas no reductibles a genes; tal es el caso, afirma, del lenguaje. El lenguaje es sin duda uno de los ejes que permiten comprender por qué en el ser humano hay una evolución cultural no reductible a la evolución biológica pensada como evolución genética. Asimismo, Wilson llama la atención acerca de la importancia que juega el lenguaje, no únicamente como un dispositivo comunicacional y denotativo sino también como un almacén de relatos, narrativas, mitos, leyendas, etc. Ese folklore que se transmite por vía lingüística, añade Wilson, genera la posibilidad de que los seres humanos experimenten una evolución tanto en las formas acerca de cómo se piensan a sí mismos como en las formas acerca de cómo de hecho se rigen a través de normas sancionadas por tradiciones que continuamente se invocan.

Para Wilson estos tres elementos permitían la elaboración de un Constructivismo Social Evolutivo que reconociera tanto una construcción material de nuestros fenotipos, por un lado, como una construcción simbólica de nuestras representaciones. Sin duda ello es un gran avance.

Es por ello que el biólogo chileno-australiano Aldo Poiani (2010) ha visto con tanta claridad que las explicaciones acerca de por qué hay homosexualidad requieren necesariamente ser formuladas bajo una óptica muy similar a la invocada por Wilson. Poiani de hecho sostiene que los modelos biológicos que hasta ahora se han ofrecido estarán radicalmente incompletos mientras no se reconozcan estas dimensiones mencionadas por Wilson.

Ahora bien, yo mismo he señalado en trabajos anteriores que el modelo de Wilson es todavía muy simple. Por ejemplo, si bien señala que es posible modificar el ambiente para modificar los fenotipos, lo que no hace es invocar a la literatura sobre *construcción de nicho* (por ejemplo, Laland *et al.* 2001) justamente para mostrar que de hecho somos una especie que modifica constante-

mente su entorno social, ambiental y abiótico. Eso implica que de hecho somos una fuerza evolutiva que afecta nuestra propia evolución. Lo anterior, como han señalado algunos exponentes de este campo, se traduce en que muy probablemente somos capaces de generar presiones evolutivas que literalmente sesguen nuestra evolución al provocar que ciertos elementos genéticos se vean favorecidos como resultado de esta presión que nuestra especie autogenera.

Por otro lado, Wilson se decanta muy rápido por una lectura de la plasticidad fenotípica como norma de reacción. Sin embargo, al menos en el terreno de la *plasticidad cognitiva* del cerebro humano, habría aún mucho que decir sin necesidad de pasar por las normas de reacción. Por ejemplo, sabemos que el cerebro tiene una *plasticidad funcional* que le permite, vágase la redundancia, refuncionalizar ciertas áreas cerebrales si se ha sufrido un trauma que ha dejado inutilizadas a las áreas originalmente destinadas para una cierta función (West-Eberhard 2003; Hernández Chávez 2012).

Sin duda habrá elementos genéticos que hacen posible esta capacidad, pero lo importante es señalar que nuestro cerebro es capaz de dar respuestas en tiempos ontogenéticos a contingencias que no podían ser anticipadas y, por tanto, no podían estar codificadas en nuestros genes. Lo anterior muy probablemente indica lo lejos que estamos de comprender los efectos de dicha plasticidad en nuestros procesos cognitivos y emotivos. En todo caso se atisban tres senderos que valdría la pena estudiar.

Primero, cabría la posibilidad de estudiar la historicidad de nuestro aparato motivacional, en general, y de nuestras emociones, en particular. Si Wilson tiene razón y el lenguaje es un elemento fundamental de la evolución cultural humana, cabría preguntarse en qué medida ha moldeado a ese aparato motivacional a lo largo de la historia de *Homo sapiens*.

El tema de las emociones me importa por mor del objetivo de este artículo pero también porque usualmente se distingue entre emociones primarias y emociones secundarias. Como *emociones primarias* suelen considerarse sentimientos como el miedo, el enojo, etc.; usualmente se asume que son *panculturales* y que tienen un asiento biológico claro. Por el contrario, las *emociones secundarias* son las que requieren algún tipo de elaboración cognitiva; las *emociones morales* como la culpa, la empatía y la simpatía son ejemplos de respuestas emocionales que necesariamente operan a la luz de un contexto cultural que aporta un referente normativo que indica qué objetos son merecedores de dichas respuestas y en qué medida (Griffiths 1997).

Sin duda alguna esto ejemplifica en qué sentido es que nuestro aparato motivacional, en especial nuestras emociones, puede caracterizarse como poseyendo esta propiedad de la *inscripcionalidad*. Es decir, al menos en el caso

de las emociones secundarias es claro que los *estímulos* que las desencadenan, así como la *intensidad* y el *tipo* de respuesta que generan, dependen de un contexto social. Más todavía, lo anterior muestra la imbricación entre lo cognitivo y lo emotivo pues muchas de estas emociones tienen una *carga intencional* ya que implican la representación de una relación estructural entre el sintiente, el estímulo y el contexto (SEC); esto se traduce, por tanto, en una forma de construcción de nuestro aparato motivacional que evoluciona culturalmente sobre la base de una inscripcionalidad que es hecha posible por esa plasticidad misma del cerebro.

Segundo, como ha señalado Christine Koorsgard (2006, 2009), si bien todo parece indicar la existencia de emociones secundarias en primates como bonobos y chimpancés, también parece ser el caso de que el grado de elaboración de esas emociones dista mucho de asemejarse al predicamento humano. Según esta autora la razón se encuentra en nuestra capacidad de llevar a cabo la forma más sofisticada de intencionalidad que hasta ahora conocemos: la *distancia reflexiva*.<sup>5</sup>

Básicamente esto se traduce en nuestra capacidad de no únicamente representarnos a nosotros mismos en términos de las relaciones que sostenemos con otros individuos en un momento dado sino también en la capacidad de generar una metarrepresentación que incluya la posibilidad de ponernos en los “zapatos de los otros” al construir una representación de cómo los otros evalúan la misma situación. Es decir, según esta eticista, hay un rasgo propiamente humano que consiste en ser capaz de ponderar nuestros motivos para actuar en función de las necesidades e intereses de los otros.

Filósofos de la cognición como Sterelny y Goldman han rastreado esta capacidad que hace posible dicho fenómeno a mecanismos mentales asociados a la capacidad de acceder a los estados mentales de los otros (lo que se conoce como

5 Por ello Koorsgard (2006) afirma que el único animal que no se reduce a un *wanton* es el ser humano. El término viene del verbo inglés *to want* y busca enfatizar que, si bien los primates y los cetáceos parecen tener estados mentales, lo que no parecen poder hacer es refrenarse de sus deseos por mor a las situaciones de los otros, o al menos no por medio de una toma de perspectiva. En otras palabras, un ser humano puede desear algo y puede reconocer que posee dicho deseo y decidir si actúa sobre dicho deseo o no. Asimismo, reconoce que si actúa sobre la base de ese deseo, ello conducirá a efectos sobre otros seres humanos que pueden ser muy negativos para esos otros. Al reconocer ese efecto sobre los demás, un ser humano puede ponderar las consecuencias de sus actos al representarse a sí mismo los efectos de dichos actos tanto para sí como para otros y decidir si el daño generado a los otros justifica el beneficio recibido para sí mismo. Esta capacidad es justamente la distancia reflexiva y depende de (i) poder reconocer las creencias y los deseos propios y ajenos —esto es, poder tener representaciones de segundo nivel—, (ii) poder evaluar los efectos de una acción sobre Ego y Alter y, (iii) ser capaz de refrenar los deseos de tal suerte que no haya una conexión automática entre los deseos del agente y sus acciones.

Teoría de la Mente o TOM por sus siglas en inglés). Según estas propuestas, son mecanismos de simulación de acciones (SAM por sus siglas en inglés) o de percepción y acción (PAM por sus siglas en inglés) las que nos permiten analizar funcionalmente las acciones de los otros para darles una lectura intencional que se traduzca en la inferencia de motivos para actuar de cierta manera; motivos que pueden ser razones y emociones (Sterelny 2001).

En todo caso, y para vincularlo con el punto anterior, todo parece indicar que SAM y PAM serían ellos mismos sensibles a contextos y, por tanto, también caracterizables por medio de la inscripcionalidad; ello se traduciría en que toda TOM sería eminentemente contextual. Es decir, la evolución cultural estaría firmemente anclada en una biología humana que es altamente sensible a contextos.

Tercero y último, valdría la pena estudiar también la evolución de nuestras *estructuras sociales*. Tanto Kim Sterelny (2012) como Riane Eisler (1995) han señalado que la evolución humana a lo largo de los últimos 100 000 años se ha caracterizado por un cambio en los tipos de dinámicas cooperativas que se generan de acuerdo con el tamaño poblacional de los grupos humanos que los integran, así como con la extensión del territorio que habitan y con los recursos que poseen. Sterelny (2012) en particular ha argumentado que la evolución de la *normatividad humana* es el resultado de diversas *transiciones de fase* que son explicables por esas reconfiguraciones de nuestras estructuras sociales y de las tecnologías que las acompañan.

Más aún, Sterelny es conocido por defender modelos de *agencia situada* y de *cognición corporizada* que sostienen que es equívoco atender únicamente al cerebro para comprender la forma en la cual de hecho ocurren nuestros procesos cognitivos; esta afirmación obedece a la importancia que Sterelny le confiere a los andamiajes (*scaffoldings*) materiales, sociales e institucionales que de hecho nos capacitan para razonar y actuar de ciertas formas (por ejemplo, la enseñanza sería una forma de andamiaje que afectaría radicalmente cómo pensamos y actuamos).

Así, lo que emerge de esta mirada a vuelo de pájaro es una conceptualización de lo humano como una materialidad altamente sensible a configuraciones históricas cambiantes. Las estructuras sociales, materiales, tecnológicas y motivacionales que subyacen a esta historicidad radical enfatizan tanto los elementos biológicos (genéticos, cerebrales, conductuales) como los elementos simbólicos y culturales (emociones morales, normas, instituciones).

Justo esta conjunción es la que hace del constructivismo social evolutivo un espacio que permite una síntesis entre el *ánthropos* y el *bios*, entre la necesidad de reconocer nuestra historia evolutiva y nuestra especificidad histórica, y entre la exigencia moral de denunciar las injusticias mientras buscamos

cambiarlas, por un lado, con la exigencia epistémica de conocer cómo es que de hecho somos, para así poder actuar de formas mucho más eficaces y contundentes, por otro.

### Interludio. La homofobia y sus sustratos emocionales

“Sólo la intensidad de la relación explicaría este tipo de asesinatos. Y el límite que se menciona se traspasa afectivamente. No es el rechazo hacia una persona sino, por el contrario, el deseo de tenerla y de controlarla lo que impulsaría al homicida. La pasión no sería distinta de la que sienten personas heterosexuales, por lo cual la identidad o la orientación sexual no harían una diferencia en este tipo de violencia” (Parrini y Brito 2012, 51).

Recientemente Rodrigo Parrini y Alejandro Brito publicaron un libro en el cual analizan los crímenes de odio por homofobia en México (Parrini y Brito 2012). El trabajo final no sólo está muy bien logrado desde el punto de vista empírico, pues se invocan datos, entrevistas y coberturas mediáticas para hacernos ver el grado de violencia homofóbica que impera en la sociedad mexicana; sin embargo, quizás la mayor virtud del trabajo consiste en llevar a cabo un análisis acerca de las posibles causas de esta violencia y de cómo éstas se perciben.

En este sentido sobresale el reconocimiento de un falso dilema que ha dividido a autoridades y activistas. Por un lado, las autoridades y el grueso de la población mexicana suelen interpretar los crímenes hacia homosexuales como *crímenes pasionales*. Por otro lado, los activistas han visto en ello únicamente un síntoma de *violencia institucional* al culpabilizar a la víctima del crimen que sufrió al construir al homosexual como un ser pasional incontrolable, casi un *wanton* humano podríamos decir.

La cita con la cual abro este apartado justamente pretende ilustrar este tipo de visiones en las cuales es la intensidad de una pasión que se desborda la que explica el crimen. Sin embargo, Parrini y Brito señalan acertadamente que este tipo de pasión no estaría asociado a una orientación sexual, sino más bien a cierto deseo de posesión y control que se desborda.

Con este señalamiento estos autores se alejan de la trampa dicotómica que los habría obligado a tomar aliados. Hay crímenes pasionales, admiten, pero hay también crímenes que se cometan contra homosexuales y que no pueden reducirse o equipararse a crímenes pasionales; son, más bien, *crímenes de odio*. En los primeros la orientación sexual de la víctima y el victimario no importa ya que éstos son crímenes motivados por el deseo de posesión y control. En los segundos la orientación sexual es fundamental ya que se masacra a un otro por aquello que representa; aquí no es un deseo de tener sino un deseo de eliminar, de borrar.

Los crímenes de odio, por tanto, tienen una estructura motivacional diferente, muy diferente, a la de los crímenes pasionales. El sintiente percibe al homosexual como una abstracción: es ante todo un homosexual, *y sólo un homosexual*, de tal suerte que se borra así toda otra faceta de su persona. El homosexual estimula una respuesta de asco y odio que alcanza tal intensidad que culmina en un acto violento y atroz. La base emotiva es igualmente muy distinta: en los crímenes pasionales hay deseo y aprehensión, en los crímenes por odio hay, evidentemente, *odio* pero también *asco*. En ese sentido los crímenes por odio ilustran de forma desgarradora el poder de las emociones secundarias altamente sensibles a contextos ya que sólo pueden haber crímenes por odio homofóbico allí donde existen, por un lado, la identidad homosexual y, por otro, un discurso y una práctica intolerantes ante ésta.

Sin embargo, la situación es mucho más compleja, nos dicen Parrini y Brito, ya que desafortunadamente hay un tercer tipo de crimen que se escapa ante esta oposición. A saber, aquel crimen cometido por un homosexual sobre otro homosexual y que conjuga en sí al deseo y al asco. La *homofobia internalizada*, que sin duda existe y se encarna en muchos homosexuales, se traduce en una estructura emocional mucho más compleja y en la cual ocurren, en paralelo, el deseo y el odio.

El otro aparece aquí como un estímulo a la vez concreto y abstracto de lo que se desea y de lo que no se *desea ser*. La inestabilidad de dicha configuración explicaría no sólo la intensidad de la respuesta sino el traspaso de la culpa y de la responsabilidad a la víctima: el victimario percibe a la víctima como esencialmente culpable por hacerlo desear y por hacerlo percatarse de aquello que no quiere ser.

En todo caso hay sin duda un síntoma común a estas tres configuraciones: una construcción *animalista* del homosexual. Con esto me refiero a lo siguiente. Ya sea en la construcción del crimen como pasional o como un crimen de odio, hay un elemento común en el cual los homosexuales están concebidos como subhumanos, como inferiores en una jerarquía en la cual la pasión es un atributo de las bestias, las mujeres, los niños y los homosexuales. En cambio, son los varones heterosexuales adultos los que ejemplificarían la razón como atributo esencial y definitorio de lo humano.

Esta equiparación explicaría por qué las autoridades asumen con tanta facilidad que los crímenes cometidos hacia homosexuales provienen de otros homosexuales que fueron incapaces de ejercer un autocontrol racional de sus actos, que fueron controlados por el impulso del deseo de la misma forma en la cual lo son los animales no humanos; sería, así, la fuerza de un instinto más fuerte y ajeno a la razón.

Esto, desde luego, no sorprenderá a los historiadores de la biología que

informan su trabajo con una perspectiva de género, ya que dichas asociaciones son de hecho la base del así llamado *Paradigma de la Degeneración* (Davidson 2001; Hacking 2001). Londa Schiebinger, por ejemplo, ha señalado cómo el nombre taxonómico de la especie humana esconde un orden de género: *Homo sapiens*. El epíteto específico designa así una propiedad que presuntamente nos separa del resto de la clase a la que pertenecemos, esto es, a la clase *Mammalia*. Pero, paradójicamente, aquello que nos conecta a dicha clase es sobre todo un atributo femenino: las mamas y la lactancia. Así, el varón se coloca a sí mismo como encarnando la diferencia mientras coloca a las mujeres, y a todo lo que se asocie con lo femenino, como un elemento de continuidad con lo animal (Schiebinger 1993).

Muchos trabajos en historia y antropología han, en ese mismo sentido, documentado la forma en la cual el homosexual se construye no sólo como afeminado sino como infantil (por ello, decía Monsiváis [2010], es que a los homosexuales adultos muchas veces los nombramos con diminutivos de la forma “Jaimito” o “Jorgito”). Lo que yo quisiera señalar en este punto es únicamente cómo esa percepción del homosexual como ser pasional está anclada en una equiparación entre la pasión, lo infantil, lo femenino y lo animal.

Por ende es que el señalamiento de crimen pasional se acepta tan rápido. De igual manera, el renunciar al privilegio masculino genera aprehensión en los varones heterosexuales pero, y quizás más importante, genera asco. Y aquí esa construcción animalista se evidencia de nuevo. No sólo nos ufanamos de nuestra racionalidad al buscar separarnos del resto del reino animal sino que enfatizamos los atributos mentales sobre los atributos del cuerpo, enfatizamos el habla pero buscamos invisibilizar los olores, los fluidos y todo aquello que enfatice nuestro carácter animal.

Sin embargo, como ha señalado Leo Bersani en su influyente texto *Is the Rectum a Grave?* (Bersani 2010), el acto sexual entre homosexuales suele consumarse en una penetración anal que necesariamente reconfigura la geografía de las zonas erógenas del cuerpo: reintegra así al ano como zona erógena y no únicamente como una zona prohibida en la cual ocurre únicamente la eliminación de los deshechos.

Por ello, el homosexual es percibido no sólo como pasional sino como más corpóreo y más animal al atreverse a erotizar aquello que la civilización ha perseguido ocultar: la dimensión animal que nos constituye en todo momento.

Así, en el crimen por odio se intersectan diversas configuraciones históricas acerca de cómo hemos concebido lo humano: como razón y denegación de las pasiones, como *logos* y denegación de lo animal, como una *physis* que produce sin generar excremento —lo cual equivale a producir cultura en ausencia de un cuerpo que genera desperdicios en su proceso mismo de seguir viviendo—;

todo ejemplificado en su plenitud máxima en aquello que es masculino y heterosexual y que niega el derecho a la existencia de otras formas de ser.

## La homofobia como emoción política

El mal radical podría ser una tendencia innata, o podría ser una tendencia que se desarrolla a partir de rasgos estructurales generales de la vida humana que son encontrados antes de la experiencia infantil con alguna cultura en particular, o por lo menos en todas las experiencias de todas las culturas particulares (Nussbaum 2013, 167). T. del E.

Las prácticas sexuales típicas de los homosexuales son una historia de horror médica: imaginense el intercambio de saliva, heces, semen y/o sangre con docenas de hombres diferentes cada año. Imagínense beber orina, ingerir heces y experimentar trauma rectal de manera regular. Frecuentemente, estos encuentros se producen cuando los participantes están borrachos, drogados o en un marco de orgía. Más aún, frecuentemente tienen lugar en sitios sumamente antihigiénicos (baños, espectáculos de voyeurismo), o, porque los homosexuales tienden a viajar con tanta frecuencia a otras partes del mundo.

Todos los años, la cuarta parte o más de los homosexuales visitan otro país. Gérmenes norteamericanos frescos son llevados a Europa, África y Asia. Y patógenos frescos de esos continentes vienen aquí. Los homosexuales extranjeros visitan regularmente los Estados Unidos, y participan en este tianguis biológico (Paul Cameron en Nussbaum 2010, 1). T. del E.

Comprender la estructura motivacional que conduce a la homofobia ha devenido en un reto verdaderamente interdisciplinario. Requiere reconocer configuraciones ideológicas que la historia de la civilización occidental ha cargado a lo largo de los siglos, tales como la denegación del cuerpo y el menospicio de lo femenino, las cuales, paradójicamente, están asociadas con esa denegación antropológica del *bios*. Requiere, asimismo, reconocer la existencia de un sustrato emocional que rebasa la esfera de la argumentación ya que los motivos que conducen a la homofobia no son razones sino emociones cargadas de desprecio.

Estos dos puntos se traducen en que toda acción que busque combatir a la homofobia debe reconocer que nos enfrentamos ante el reto de cómo reconfigurar los patrones emocionales de las personas, patrones que se aprenden muy pronto y que, al rebasar la esfera de la argumentación, deben ser combatidos con estrategias que fomenten nuevas formas de sentir.

Es por ello que comienzo esta sección con estas dos citas. En la primera, Martha Nussbaum (2013) recupera el concepto kantiano de *mal radical* para

señalar la existencia de una tendencia que un ser humano, cualquier ser humano, podría encarnar al desear dañar a otro, y actuar en consecuencia. Este mal no sería definible en términos de la violación de normas culturalmente circunscritas y contextualmente convalidadas sino que se equipararía a una posible construcción emocional de cualquier Sujeto en la cual éste devendría indiferente ante los otros como fines en sí mismos, esto es, sería incapaz de reconocerlos como sus pares.

Nussbaum no se decanta por una explicación que acepte un innatismo, aunque tampoco la niega, sino que admite que muy probablemente todo ser humano en toda cultura puede, en su desarrollo psíquico, verse expuesto a escenarios que conllevarían a que este mal radical se hiciera presente.

Quizás la homofobia es un tipo de mal radical y de ahí la importancia de la segunda cita tomada de Nussbaum (2010). En ella se narra un acto sexual homosexual, pero la forma en la cual se narra no sólo enfatiza la corporalidad sino que invoca la autoridad de la ciencia médica para declarar dicho acto como una “historia de horror médica”; de facto construye a los homosexuales como seres dominados por sus impulsos, peligrosos para la civilización precisamente por encarnar esa animalidad dominada por el deseo y que culmina en la exposición a fluidos potencialmente infecciosos.

Sin duda, esas imágenes y narrativas las encontrará casi cualquier niño que crezca en el mundo globalizado de hoy. Sin duda esas mismas imágenes y narrativas configurarán una estructura emocional en la cual los homosexuales darán asco ya que se asociará una fuente primaria de asco, las heces, con el ano y, por medio de esto último, con el sexo anal y la homosexualidad.

Es por ello que Nussbaum (2010) sugiere que el combate a la homofobia no será exitoso si únicamente invoca argumentos. Se necesita desmontar este entramado emocional. Y ello requiere reconocer que gran parte de ese entramado está montado sobre lo que Frans de Waal (2006) llama la denegación antropológica del animal que todos y cada uno de nosotros somos. Es decir, el combate a la homofobia pasará necesariamente por una reconfiguración emocional de la relación que tenemos —de asco y placer— ante nuestros propios cuerpos.

Además, Nussbaum (2013) señala que este esfuerzo requiere ampliar nuestro *círculo eudaimonístico*, esto es, el conjunto de cosas, objetos y personas por las cuales nos interesamos no en tanto medios sino en tanto fines. Esto es así porque la ontogenia de nuestras estructuras motivacionales suele comenzar con una etapa altamente *narcisista* en la cual el infante concibe al mundo como centrado en su persona. Es únicamente a través de la experiencia de la frustración inmediata de sus intereses y necesidades el que descubre en los otros una agencia similar a la suya y que no está supeditada a él mismo. Y, sin embargo, de cuando en cuando esos otros colaboran con él, lo auxilian, lo atienden —aunque

nunca con la constancia e inmediatez que exige el mandato del infante— y, en este sentido, cubren sus necesidades.

Nussbaum sigue aquí los pasos de una tradición psicoanalítica que ha reconocido en este tránsito el momento decisivo en el cual emerge el niño como agente moral. Reconoce a los otros como sus pares, como fines en sí mismos, y no sólo como objetos que cubren sus necesidades, no como medios. Lo ayudan, sí, pero porque quieren y desean ayudarlo mas no porque deban hacerlo. Christine Koorsgard, a quien ya he mencionado, quizás aceptaría que es en este punto donde el infante alcanza el grado de intencionalidad que ella ha denominado *distancia reflexiva*, es decir, esa capacidad de ponernos en el lugar de los otros.

Sea como sea, para Nussbaum una falla en este proceso puede desencadenar la existencia de un reícto de narcisismo en el cual el otro se nos presenta como posesión y objeto. Aquí quizás estemos arribando a las bases de la estructura motivacional del crimen pasional. En dicho crimen es la aprehensión y el deseo de tener al otro lo que conduce a la violencia. Es por ende una incapacidad de incluirlo, de incluirlo genuinamente, en nuestro círculo eudaimonístico.

Y aquí, curiosamente, se tocarán los temas de las éticas ampliativas del liberalismo animal y del combate a la homofobia. Esto es así porque la ampliación del círculo eudaimonístico requiere combatir una serie de configuraciones ideológicas asociadas a esa denegación antropológica del *bios*. Reconocer, por tanto, la corporalidad de lo humano.

Sin embargo, aquí no se claudica en reconocernos también como *ánthropos*, ya que la homofobia se reconoce como una emoción pero, y esto es fundamental, una emoción política. Ésta no es una emoción primaria o básica sino que es una emoción que, primero, depende de cierto contexto cultural para establecer la asociación entre asco y homosexualidad y, segundo, requiere de un contexto normativo que alimenta y se alimenta de ese mismo asco. Y se vuelve política no por ser una emoción secundaria sensible a contextos sino porque, además de ser sensible a contextos, es una emoción que media en nuestra interacción con los otros, en nuestra capacidad misma de reconocerlos como otros o no, en integrarlos en nuestro círculo eudaimonístico. Es una emoción política porque rige nuestra convivencia en el espacio común y, por ende, remite a las *Polis* como espacio común y al *polemos* como deliberación pública; pero, ésta es una política —en tanto *Polis* y *polemos*— que no puede ya escindirse en un *logos* y en un *ánthropos* que denieguen de la corporalidad y de la emotividad de nuestras interacciones.

## Conclusión

Martha Nussbaum ha sostenido que uno de los retos del liberalismo moderno, y yo agregaría de la filosofía política moderna, es cómo construir sociedades más justas y equitativas. Ella considera asimismo que un elemento imprescindible es la construcción de instituciones y de leyes democráticas y justas. En ambos casos, añade, ello requiere fomentar —aunque no solamente— una serie de emociones políticas, es decir, emociones que rijan la convivencia en el espacio público, que aumenten nuestro círculo eudaimonístico de tal forma que se incluyan a la mayor cantidad de seres humanos y, quizás, de seres sintientes con necesidades e intereses complejos como son otros mamíferos.

Esta tarea demanda reconocer que parte de nuestra dimensión antropológica en tanto seres políticos está atravesada por una faceta emocional que, si bien es sensible a la argumentación y las ideas de un contexto, las rebasa pues apela a facetas biológicas de nuestro aparato motivacional. Un aparato motivacional que, como he argumentado, es producto de una evolución que, sin embargo, permite una fuerte construcción social de nuestra vida mental y, con ello, de nuestra vida social y política.

Este punto, claro está, merece ser repetido con calma. Y es que, bajo ciertas interpretaciones como las que encontramos en la psicología evolutiva en sus formas más ingenuas, las estructuras motivacionales humanas habrían sido forjadas por la evolución en función de escenarios propios de las sociedades del pleistoceno (hace unos 150 mil años); bajo esta lógica la idea misma de emoción política aparece como descabellada y, con ella, toda posibilidad de defender una visión radicalmente histórica de lo humano (Muñoz Rubio 2013). Ello es así porque la arquitectura mental que se propone en muchos de estos modelos —aunque desde luego no en todos— parece ser presa de un cierto compromiso con una visión en la cual la mente moderna emergió ya madura hace 150 mil años y desde entonces ha sufrido pocos o ningún cambio.

Si esto fuera el caso, entonces tendríamos que aceptar no solamente que la identidad homosexual es tan antigua como el ser humano —echando con ello a la basura a la historia misma de las identidades y formaciones políticas que sostiene una tesis radicalmente opuesta— sino que la homofobia misma es igualmente antigua e igualmente inmutable ya que estaría emergiendo del aparato motivacional forjado hace 150 mil años.

Evidentemente ello contraviene a toda evidencia histórica. Sin embargo, la solución no puede radicar en denegar la relevancia de la biología y menos en un tema donde se rebasa la esfera de lo cognitivo y nos adentramos en un análisis del origen, desarrollo y funcionalidad de nuestras motivaciones. Por el contrario, justo lo que necesitamos es una aproximación que nos permita dar cuenta de cómo, por un lado, la evolución ha ido forjando cerebros y aparatos motiva-

cionales que son plásticos y sensibles a contextos cambiantes que muchas veces nos exponen a situaciones completamente novedosas mientras que, por otro, ha forjado también respuestas motivacionales que le permiten al Sujeto habitar mundos sociales regidos por normas históricamente contingentes y que se cristalizan en estructuras afectivas que permiten respuestas más eficaces pero, por ello mismo, menos reflexivas.

El constructivismo social evolutivo parece ser un modelo capaz de satisfacer todas estas demandas. Más aún, al traer a cuenta a la biología no se niega en ningún punto la relevancia de la inter y de la transdisciplina, ya que justamente estamos ante una posición en la cual se realiza un mejor diagnóstico del reto al que nos enfrentamos al comprender no únicamente las dimensiones sociales y normativas de la homofobia sino su misma forma de operar a través de un anclaje en emociones investidas de significación.

Y es que, en el caso particular que nos atañe, es claro que la homofobia es un tipo de emoción política vinculada al asco y a la denegación misma del cuerpo y sus funciones y refuncionalizaciones. Quizás, como pocos ejemplos, éste involucra una constante relectura de lo que somos “por naturaleza” y de lo que se hace de acuerdo con ésta. Declarar a la homosexualidad antinatural genera un contexto donde se puede cultivar el odio y el asco y, cuando éstos germinan, no nos bastará ya con eliminar a los discursos que los sembraron.

Lo anterior es relevante ya que hasta ahora pareciera ser que muchas políticas para combatir a la homofobia, como una forma de injusticia, se han centrado en promover información y proveer estadísticas acerca de los crímenes de odio. Se han buscado también mejores leyes e, incluso, se ha buscado sensibilizar a las autoridades. Pero quizás necesitamos reconocer que gran parte de la homofobia es asco y es odio y que, en tanto emociones, deben ser abordadas por medio de campañas que humanicen a los homosexuales sin invisibilizar sus prácticas sexuales.

Cabe aquí pensar, por tanto, que el mal radical como absoluta indiferencia puede ser pancultural pero siempre se expresa en una configuración histórica específica como lo es ahora la homofobia. Valga así esta pequeña contribución que busca mostrar en qué forma la biología, la psicología y las ciencias sociales y humanas pueden trabajar juntas por una tarea importante. ■

## Agradecimientos

Les agradezco a Julio Muñoz y a Diego Méndez por la invitación. Agradezco también a los numerosos espacios sobre filosofía de la biología y estudios de género donde he presentado anteriormente estas ideas.

## Referencias

- Althusser, Louis. «Ideology and Ideological State Apparatuses.» En *Lenin and Philosophy and Other Essays*, de Louis Althusser. Nueva York: Monthly Review Press, 1971.
- Apel, Karl-Otto. *Understanding and Explanation. A Trascendental-Pragmatic Perspective*. Cambridge: The MIT Press, 1984.
- Bersani, Leo. *Is the Rectum a Grave? And Other Essays*. Chicago: The University of Chicago Press, 2010.
- Davidson, Arnold. «Closing Up the Corpses: Diseases of Sexuality and the Emergence of the Psychiatric Style of Reasoning.» En *Homosexuality and Psychoanalysis*, editado por Tim Dean y Christopher Lane, 59-90. Chicago: The University of Chicago Press, 2001.
- Davidson, Donald. *Inquiries into Truth and Interpretation*. Oxford: Clarendon Press, 1984.
- De Waal, Frans. *Primates and Philosophers. How morality Evolved*. Princeton: Princeton University Press, 2006.
- Dennett, Daniel. *The Intentional Stance*. Cambridge: The MIT Press, 1998.
- Derrida, Jacques. *El Animal que luego estoy si(gui)endo*. Madrid: Editorial Trotta, 2008.
- . *Specters of Marx. The State of Debt, the Work of Mourning and the New International*. Nueva York: Routledge, 1994.
- , y Maurizio Ferraris. *El gusto del secreto*. Madrid: Amorrortu Editores, 2009.
- Eisler, Riane. *The Chalice and the Blade. Our History, our future*. Nueva York: Harper One, 1995.
- Griffiths, Paul. *What Emotions Really Are. The Problem of Psychological Categories*. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.
- Guerrero McManus, Fabrizio. *¿Naces o te haces? La ciencia detrás de la homosexualidad*. México: Paidós, 2013.
- . «The Structure of Explanations and Counter-Explanations of Homosexuality.» *The Open Journal of Philosophy*, nº 2(4) (2012): 235-243. [doi: 10.4236/ojpp.2012.24035].
- Hacking, Ian. «Degeneracy, Criminal Behavior, and Looping.» En *Genetics and Criminal Behavior*, editado por D. Wasserman y R. Wachbroit, 141-168. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- Held, David. *Introduction to Critical Theory. Horkheimer to Habermas*. Los Angeles: University of California Press, 1980.
- Hernández Chávez, Paola. «Evaluando algunos supuestos evolucionistas en Teorías Modulares de la Mente.» En *Las Ciencias Cognitivas: Una constelación en expansión*, editado por Jonathan García Campos, Juan González González y

- Paola Hernández Chávez, 135-158. México: Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano, 2012.
- Koorsgard, Christine. «Morality and the Distinctiveness of Human Action.» En *Primates and Philosophers. How Morality Evolved*, de Frans de Waal, 98-119. Princeton: Princeton University Press, 2006.
- . *Self-constitution. Agency, Identity, and Integrity*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Laland, Kevin, John Odling-Smee y Marcus Feldman. «Niche Construction, Ecological Inheritance, and Cycles of Contingency in Evolution.» En *Cycles of Contingency. Developmental Systems and Evolution*, editado por Paul Griffiths Susan Oyama y Russell Gray, 117-126. Cambridge: The MIT Press, 2001.
- Marcuse, Herbert. *Eros y Civilización*. Barcelona: Editorial Ariel, 1965.
- Monsiváis, Carlos. *Que se abra esa puerta. Crónicas y Ensayos sobre la diversidad sexual*. México: Paidós, 2010.
- Muñoz Rubio, Julio. *Sociobiología: Pseudociencia para la hegemonía capitalista*. México: UNAM-CEIICH, 2006.
- Nagel, Thomas. «What is it like to be a bat?» *The Philosophical Review* 83, nº 4 (1974): 435-450.
- Navarro Reyes, Jesús. *Cómo hacer filosofía con palabras. A propósito del desencuentro entre Searle y Derrida*. México: Fondo de Cultura Económica, 2010.
- Nussbaum, Martha C. *From Disgust to Humanity. Sexual Orientation and Constitutional Law*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- . *Political Emotions. Why Love Matters for Justice*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 2013.
- Ostachuk, Agustín. «El Umwelt de Uexküll y Merlau Ponty.» *Ludus Vitalis* XXI, nº 39 (2013): 45-65.
- Parrini Roses, Rodrigo y Alejandro Brito Lemus. *Crímenes de odio por Homoofobia. Un Concepto en construcción*. México: INDESOL-CNDH-Letra S, 2012.
- Poiani, Aldo. *Animal Homosexuality. A Biosocial Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- Radick, Gregory. *The Simian Tongue. The Long Debate about Human Language*. Chicago: Chicago University Press, 2007.
- Roughgarden, Joan. *The Genial Gene. Deconstructing Darwinian Selfishness*. Los Angeles: University of California Press, 2009.
- Salmon, Wesley C. *Four Decades of Scientific Explanation*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1989.
- Schiebinger, Londa. «Why Mammals are called Mammals? Gender Politics in Eighteenth Century Natural History.» *The American Historical Review* 98, nº 2 (1993): 382-411.
- Singer, Peter. «Nor for Humans Only: The Place of Nonhumans in Environmental

- Issues.» En *Environmental Ethics. An Anthology*, editado por Andrew Light y Holmes Rolston III, 55-64. Oxford: Blackwell Publishing, 2003.
- Spivak, Gayatri Chakravarty. «Can the subaltern speak?» En *Marxism and the Interpretation of Culture*, editado por Cary Nelson y Lawrence Grossberg, 271-313. Chicago: University of Illinois Press, 1988.
- Sterelny, Kim. *The Evolution of Agency and Other Essays*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- \_\_\_\_\_. *The Evolved Apprentice. How Evolution made Humans Unique*. Cambridge: The MIT Press, 2012.
- Torres Latorre, Jordi. *Algunas causas de Divorcio, Paranoia, Homosexualidad y Violencia Familiar*. México: Editado por el autor, 2007.
- Von Wright, Georg H. *Explanation and Understanding*. Cornell: Cornell Paperbacks, 1971.
- West-Eberhard, Mary Jane. *Developmental Plasticity and Evolution*. Nueva York: Oxford University Press, 2003.
- Wilson, David Sloan. «Evolutionary social constructivism.» En *The Literary Animal: Evolution and the Nature of Narrative (Rethinking Theory)*, de J. Gottschall y D. S. Wilson, 20-37. Nueva York: Northwestern University Press, 2005.

# Lecturas recomendadas

ES DUDOSO QUE EXISTA una teoría científica que haya producido una cantidad mayor de publicaciones que la teoría de la evolución. Por eso es que se ha acuñado la expresión *Darwin industry* para señalar la incesante, creciente y, diríase, apabullante cantidad de publicaciones y actividades en torno a la teoría evolucionista, tanto darwinista como lamarckista y sus derivados.

Una relación completa o casi completa de las publicaciones sobre esta teoría es tanto imposible de hacer como innecesaria. Por esta razón, la presente relación de textos sobre biología evolutiva y evolucionismo es sólo una pequeña muestra de lo que se ha publicado al respecto. Desde luego faltan muchas menciones, pero consideramos que estas *Lecturas Recomendadas* contienen las sugerencias que estimamos fundamentales para los temas que se mencionan.

## Clásicos de la evolución

- Bergson, H. *L'evolution Creatrice*. París: Cuadrige, PUF, 1981 [1907].
- Darwin, C. *The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters*, editado por Francis Darwin. Nueva York: Dover, 1958 [1892].
- . *The Origin of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1964 [1859].
- . *The Expression of Emotions in Man and Animals*. Chicago: The University of Chicago Press, 1965 [1872].
- . *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press, 1981 [1871].
- Galton, F. *Hereditary Genius*. Gloucester. MA: Peter Smith, 1972 [1869].
- Huxley, T. H. *Man's Place in Nature*. The University of Michigan Press, 1959 [1863].
- Lamarck, J. B. *Philosophie Zoologique*. París: GF-Flammarion, 1994 [1809].
- Spencer, H. *The Principles of Biology*, 2 vols. London, (1864).
- Wallace, A. R. *Darwinism*. Nueva York: Cosmo Classics, 2007 [1889].
- Weismann, A. *The Evolution Theory*. Nueva York: AMS Press, 1904.

## Textos generales sobre teoría de la evolución

- Calcott, B. y K. Sterelny (ed.). *The Major Transitions in Evolution Revisited*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- Capra, L. R., J. R. Griessmer y W. Wimsatt (ed.). *Developing Scaffolds in Evolution, Culture and Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.

- Eldredge, N. y S. J. Gould. «Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism.» En *Models in Paleobiology*, editado por T. J. M. Schopf, 82-115. San Francisco: Freeman, Cooper & Co.
- Fox Keller, E. y E. Lloyd. *Keywords in Evolutionary Biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
- Gould, S. J. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1977.
- \_\_\_\_\_. *La Vida Maravillosa, Burgess Shale y la Naturaleza de la Historia*. Barcelona: Crítica, 1991.
- \_\_\_\_\_. *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.
- \_\_\_\_\_. «Is There a New and General Theory of Evolution Emerging?» *Paleobiology* 6, nº 1 (1980): 119-130.
- Haldane, J. B. S. (1932): *The Causes of Evolution*. Londres: Longman, Green.
- Maynard Smith, J. y E. Szathmary. *The Major Transitions in Evolution*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- Rice, S. A. *Encyclopedia of Evolution*. Nueva York: Checkmark Books, 2007.
- Riley, N. (ed.). *Evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- Ruse, M. y J. Travis. *Evolution: The First Four Billion Years*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 2009.
- Singh, R. S., C. B. Krimbas, D. B. Paul y J. Beatty (ed.). *Thinking About Evolution: Historical, Philosophical, and Political Perspectives*, Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- Thompson, John N. *Relentless Evolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2013.
- \_\_\_\_\_. *The Geographic Mosaic of Coevolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.

## Historia de la biología y del evolucionismo

- Barahona, A., E. Suárez y S. Martínez (comp.). *Filosofía e Historia de la Biología*. México, DF: UNAM, 2001.
- \_\_\_\_\_, E. Suárez y H. J. Rheinberger. *Darwin: El Arte de Hacer Ciencia*. México, DF: UNAM, 2011.
- Bowler, P. J. *El Eclipse del Darwinismo*. Barcelona: Labor, 1988.
- \_\_\_\_\_. *Historia Fontana de las Ciencias Ambientales*. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 1998.
- \_\_\_\_\_. *Evolution. The History of an Idea*. Berkeley: University of California Press, 2003.
- Jacob, F. *La Logique du Vivant: Une Histoire de L'Heredité*. París: Gallimard, 1970.

- Llorente, J. R. Ruiz, G. Zamudio y R. Noguera (comp.). *Fundamentos Históricos de la Biología*. México, DF: UNAM, 2008.
- Martínez, S. y A. Barahona (comp.). *Historia y Explicación en Biología*. México, DF: Fondo de Cultura Económica, 1998.
- Mayr, E. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 2003.
- Pichot, A. *Historie de la Notion de Vie*. París: Gallimard, 1993.
- Ruiz, R. y F. Ayala. *De Darwin al DNA y el Origen de la Humanidad: La Evolución y sus Polémicas*. México, DF: UNAM y Fondo de Cultura Económica, 2002.

## Ética y evolución

- Alexander, R. D. (1985): A Biological Interpretation of Moral Systems. *Zygon* 20 (1985): 3-20 [Reimpreso en Thompson, P. *Issues in Evolutionary Ethics*. 179-202, Nueva York, University Press, 1995].
- Ayala, F. J. «The Biological Roots of Morality.» *Biology and Philosophy* 2 (1987): 235-252.
- Bradie, M. *The Secret Chain. Evolution and Ethics*. State Library of New York Press, 1994.
- Huxley, T. H. «Evolution and Ethics.» En *Evolution and Ethics*, de T. H. Huxley y J. Huxley. Londres: The Pilot Press Ltd, 1947 [1893].
- . «Prolegomena.» En *Evolution and Ethics*, de T. H. Huxley y J. Huxley. Londres: The Pilot Press Ltd, 1947 [1894].
- Huxley, T. H. y J. Huxley. *Evolution and Ethics*. Londres: The Pilot Press Ltd, 1947 [1894].
- Moore, G. E. *Principia Ethica*. Cambridge: Cambridge University Press, 1971 [1903].
- Nitecki, M. H. y D. V. Nitecki (eds.). *Evolutionary Ethics*. Nueva York, University Press, 163-196, 1993.
- Richards, R. J. «A Defense of Evolutionary Ethics.» *Biology and Philosophy* 1 (1986): 265-293.
- Ruse, M. «The Morality of Gene.» *The Monist* 67, nº 2 (1984): 167-199.
- . *Taking Darwin Seriously*. Basil: Blackwell, 1986a
- Thompson, P. (ed.). *Issues in Evolutionary Ethics*. Nueva York, University Press, 1995.

## Genética

- Bateson, W. *Problems of Genetics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012 [1913].

- Demerec, M. «What is a Gene?» *Journal of Heredity* 24 (1933): 368-378.
- Galton, F. «Biometry» *Biometrika* 1(1901-1902): 7-10.
- . *Natural Inheritance*. Nuevo México: Genetics Heritage Press, 1997 [1889].
- Mendel, G. (1866) «Versuche über Planzenhybriden.» En *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. für das Jahr 1865*. Abhandlungen, 3-47, 1866. [Experiments in Plant Hybridization]. <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65.pdf>.
- Sturtevant, A. H. *A History of Genetics*. Nueva York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001.

## La defensa del determinismo y el reduccionismo en biología y en evolución

- Alcock, J. *The Trimph of Sociobiology*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- Barash, D. P. y M. D. Lipton. *The Myth of Monogamy: Fidelity and Infidelity in Animals and People*. Nueva York: W. H. Freeman and Co, 2002.
- Caplan, A. L. (comp.). *The Sociobiology Debate*. 319-324, Nueva York: Harper & Row, 1978.
- Dawkins, R. *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976.
- . *The Blind Watchmaker*. Nueva York: W. W. Norton & Company, 1986.
- Hamilton, W. D. «The Genetical Theory of Social Behavior, I & II.» *Journal of Theoretical Biology* 7 (1964): 1-16; 17-32.
- Herrenstein, R. J. y C. Murray. *The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life*. Nueva York: Free Press Paperbacks, 1994.
- Lorenz, K. *Sobre la Agresión, el Pretendido Mal*. Madrid: Siglo XXI Editores, 1982 [1963].
- . *Fundamentos de la Etología*. Barcelona: Paidós, 1986.
- Lumsden, C. J. y E. O. Wilson. *Genes, Mind and Culture*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1981.
- . *Promethean Fire: Reflections on the Origin of Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- Monod, J. *Le Hasard et la Necesité: Essai sur la Philosophie Naturelle de la Biología Moderne*. París: Éditions de Seuil, 1970.
- Pinker, S. *How the Mind Works*. Nueva York: W. W. Norton, 1997.
- Ridley, M. *The Red Queen: Sex and Evolution of Human Nature*. Londres: Penguin, 1993.
- . *Nature Via Nurture: Genes, Experience and What Makes us Human*. Nueva York: Harper Collins Publishers, 2003.
- Rose, H. y S. Rose. *Genes, Cells and Brains: The Promethean Promises of the New Biology*. Londres: Verso, 2012.

- Rhodes, G. y L. A. Zebrowitz (ed.). *Facial Attractiveness: Evolutionary, Cognitive and Social Perspectives*. 1-34, Westport, CO: Ablex, 2002.
- Ruse, M. y E. O. Wilson. «Moral Philosophy as Applied Science.» *Philosophy* 61(1986): 173-192.
- Segerstrale, U. *Defenders of the Truth: The Battle for Science in the Sociobiology Debate and Beyond*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- Tinbergen, N. *El Estudio del Instinto*, México, DF: Siglo XXI Editores, 1975 [1951].
- Thornhill, R. y C. T. Palmer. *Una Historia Natural de la Violación: Los Fundamentos Biológicos de la Coerción Sexual*. 25-60, México, DF, 2006.
- Trivers, R. L. «The Evolution of Reciprocal Altruism.» *Quarterly Review of Biology* 46 (1971): 35-57.
- Watson, J. D. y F. H. C. Crick. «Molecular Structure of Nucleic Acids.» *Nature* 171 (1953a): 737-738.
- \_\_\_\_\_. «Genetical Implications of the Structure of Deoxiribonucleic Acid.» *Nature* 171 (1953b): 964-967.
- Wilson, E. O. *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975a
- \_\_\_\_\_. *On Human Nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- \_\_\_\_\_. *Consilience*. Nueva York: Vintage Books, 1998.
- Voland, E. y K. Grammer (ed.). *Evolutionary Aesthetics*. 9-38, Berlín: Springer, 2003.

### **La crítica al determinismo y el reduccionismo biológico**

- Dobzhansky, T. *Herencia y Naturaleza del Hombre*. Buenos Aires: Losada, 1969.
- \_\_\_\_\_. *Diversidad Genética e Igualdad Humana*. Labor: Barcelona, 1978.
- Dupré, J. *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of The Disunity of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Human Nature and the Limits of Science*. Oxford: Clarendon Press, 2001.
- \_\_\_\_\_. *Processes of Life. Essays in the Philosophy of Life*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- Gissis, S. B. y E. Jablonka (ed.). *Transformations of Lamarckism: From Subtle Fluids to Molecular Biology*, Cambridge, MA. MIT Press, 2011.
- Levins, R. y R. C. Lewontin. *The Dialectical Biologist*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- \_\_\_\_\_. «Dialectics and Systems Theory.» En *Biology under the Influence; Dialectical Essays in Ecology, Agriculture and Health*, de R. Levins y R. C. Lewontin, 101-124. Nueva York, NY: Monthly Review Press, 2007.
- \_\_\_\_\_. «Dialectics and Systems Theory.» *Science and Society* 62, nº 3 (1998): 375-399.

- \_\_\_\_\_. *The Doctrine of DNA*. Londres: Penguin, 1992.
- \_\_\_\_\_. *The Triple Helix: Gene. Organism and Environment*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
- \_\_\_\_\_. «The Organism as Object and Subject of Evolution.» *Scientia* 118 (1983): 63-82.
- Lovelock, J. *Gaia: A New Look on Life on Earth*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- Margulis, L. «Symbiosis and Evolution. Scientific American.» Reimpreso en *Life: Origin and Evolution*, 101-110. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1971.
- \_\_\_\_\_. *El Origen de la Célula*. Barcelona: Reveté, 1993.
- Margulis, L. y D. Sagan. *What is Life?* Londres: Weidenfeld and Nicholson Ltd, 1997.
- Maturana, H. R. y F. J. Varela. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1972.
- Odling-Smee, F. J. «Niche Inheritance: A Possible Basis for Classifying Multiple Inheritance Systems in Evolution.» *Biological Theory* 2, nº 3 (2007): 276-289.
- Odling-Smee, F. J., K. N. Laland y M. W. Feldman. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.
- Oparin, A. I. *The Origin of Life*, Nueva York: Dover Publications, 1953 [1938].
- \_\_\_\_\_. *El Origen de la Vida*. México, DF: Ediciones de Cultura Popular. 1972 [1938].
- \_\_\_\_\_. *El Origen de la Vida Sobre la Tierra*, Madrid: Tecnos, 1973.
- \_\_\_\_\_. «Sobre el Origen de las Primeras Formas de Vida.» En *El Origen de la Vida: Symposium Conmemorativo en Homenaje a A. I. Oparin*, de Anónimo, 137-144. México, DF: UNAM, 1978.
- Oyama, S. *Evolution's Eye: A Systems View of the Biology-Culture Divide*. Durham: Duke University Press, 2000.
- \_\_\_\_\_. *The Ontogeny of Information: Developmental Systems and Evolution*, Durham: Duke University Press, 2002.
- \_\_\_\_\_, P. E. Griffiths y R. D. Gray (ed.). *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*, Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- Rose, S. *Historia y Relaciones Sociales de la Genética*. Valencia: Fontalba, 1983.
- \_\_\_\_\_. *Lifelines: Biology, Freedom, Determinism*. Londres: Penguin, 1997.
- \_\_\_\_\_. y H. Rose (ed.). *Alas Poor Darwin: Arguments Against Evolutionary Psychology*. Londres: Vintage, 2001.
- Sakar, S. *Genetics and Reductionism*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- Scott, G. F. y D. Epel. *Ecological Developmental Biology: Integrating Epigenetics, Medicine, and Evolution*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2009.

Tauber, A. I. (ed.). «Organism and the Origins of Self.» *Boston Studies in the Philosophy of Science* (Kluwer Academic Publishers) 129 (1991): 79-107.

## Economía política y evolución

Hale Piers, J. *Political descent: Malthus, Mutualism and the Politics of Evolution in the Victorian England*. Chicago: The University of Chicago Press, 2014, 464.

Muñoz Rubio, J. «On Darwinian Discourse, Part I: Political Economy Naturalized.» *Science as Culture* 8 nº 1 (1999a): 47-74.

\_\_\_\_\_. «On Darwinian Discourse, Part II Re-Anthropologizing Nature by Naturalizing Competitive Man.» *Science as Culture* 8, nº 2 (1999b): 171-188.

Schweber, S. S. «The Origin of the Origin Revisited.» *Journal of the History of Biology*, 10 nº 2 (1977): 229-316.

\_\_\_\_\_. «Darwin and the Political Economists: Divergence of Character.» *Journal of the History of Biology*, 13 nº 2 (1980): 195-289.

Todes, D. P. *Darwin without Malthus. The Struggle for Existence in Russian Evolutionary Thought*. Oxford: Oxford University Press, 1989.

Young, R. M. «Malthus and the Evolutionists: The Common Context of Biological and Social Theory.» *Past and Present*, 43 (1969): 109-145.

\_\_\_\_\_. «Evolutionary Biology and Ideology: Then and Now.» *Science Studies* (1971a): 177-206.

\_\_\_\_\_. «Darwin's Metaphor. Does Nature Select?» *The Monist* 55 (1971b): 442-503.

\_\_\_\_\_. «The Historiographical and Ideological Context of the Nineteenth Century Debate on Man's Place in Nature.» En *Changing Perspectives in the History of Science*, editado por M. Teich y R. M. Young, 344-438. Reidel Publishing Co., 1973.

\_\_\_\_\_. «Darwin's Metaphor and the Philosophy of Science.» *Science as Culture* 16, nº 3 (1993): 375-403.

\_\_\_\_\_. «The Meanings of Darwinism: Then and Now.» *Science as Culture* 11, nº 1 (2002): 93-114.

## Evolución bio-social

Boivin, N. *Material Cultures, Material Minds. The Impact of Things on Human Thought, Society, and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

Engels, F. *El Origen de la Familia, la Propiedad Privada y el Estado*. Madrid: Ayuso, 1972.

Greene, M. y D. Depew. *The Philosophy of Biology. An Episodic History*, Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

- Hird, M. *The origins of sociable life. Evolution after science studies.* Nueva York: Palgrave MacMillan, 2009.
- Hodder, I. *Entangled. An Archaeology of the Relationships between Humans and Things.* West Sussex: Wiley-Blackwell, 2012.
- Ingold, T. *The Perception of the Environment. Essays on Livelihood, Dwelling and Skill.* Londres: Routledge, 2000.
- . «From Complementary to Obviation: On Dissolving the Boundaries Between Social and Biological Anthropology, Archaeology and Psychology.» En *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*, de S. Oyama, P. E. Griffiths y R. D. Gray, 255-279. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- . «Beyond biology and culture the meaning of evolution in a relational world.» *Social Anthropology* 12, nº 2 (2004): 209-221.
- Ingold, T. y G. Palsson (ed.). *Biosocial Becomings. Integrating Social and Biological Anthropology.* Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- Krohs, Ulrich, y Peter Kroes (ed.). *Functions in Biological and Artificial Worlds: Philosophical Perspectives.* Cambridge, MA: MIT Press, 2009.
- Laland, K. N., J. Odling-Smee y M. W. Feldman. «Niche Construction, Biological Evolution and Cultural Change.» *Behavioral and Brain Sciences* 23 (2000): 131-175.
- O'Brien, Michael J. y Stephen J. Shennan (ed.). *Innovations in Cultural Systems. Contributions from Evolutionary Anthropology.* Cambridge, MA: MIT Press, 2010.
- Richerson, Peter J. y Robert Boyd. *Not by Genes Alone. How Culture Transformed Human Evolution.* Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- Sterelny, Kim. *The Evolved Apprentice. How Evolution Made Humans Unique.* Cambridge, MA: Bradford Books, 2012.

## El adaptacionismo y sus debates

- Gould, S. J. y R. C. Lewontin. «The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Program.» *Proceedings of the Royal Society of London B* 205 (1979): 581-598.
- Gould, S. J. y E. S. Vrba. «Exaptation-A Missing Term in the Science of Form.» *Parabiology* 8, nº 1 (1982): 4-15.
- Kimura, M. *The Neutral Theory of Molecular Evolution.* Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- . «Neutralism.» En *Keywords in Evolutionary Biology*, editado por E. Fox Keller y E. A. Lloyd, 225-230. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
- Lewens, T. «Seven Types of Adaptationism.» *Biology and Philosophy* 24 (2009): 161-182.

- Lewontin, R. C. «Sociobiology as an Adaptationist Program.» *Behavioral Science* 24 (1978): 5-14.
- . «Adaptation.» En *The Dialectical Biologist*, de R. Levins y R. C. Lewontin, 65-84. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- Maynard Smith, J. «Group Selection and Kin Selection.» *Nature* 201 (1964): 1145-1147.
- Sober, E.: «Six Sayings About Adaptationism.» En *The Philosophy of Biology*, editado por M. Ruse. y D. L. Hull, 72-86. Oxford: Oxford University Press, 1996 [1998].
- Williams, G. C. *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1966.

## Textos filosóficos sobre biología y evolución

Alexander, D. y R. Numbers. *Biology and Ideology from Descartes to Dawkins*. Chicago: The University of Chicago Press, 2010.

Creath, R. y J. Maienschein. *Biology and Epistemology*. Cambridge, Cambridge University Press, 2000.

De Chao, H. K., S. T. Chen y R. L. Millstein (ed.). *Mechanism and Causality in Biology and Economics*, vol. 3. Nueva York: Springer, 2013.

Dennet, D. C. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. Londres: Penguin, 1995.

Dunbar, R. *Thinking Big. How the Evolution of the Social Life Shaped the Human Mind*. Londres: Thames and Hudson, 2014.

Dupré, J. *Processes of Life: Essays in the Philosophy of Life*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

Engels, F. *Dialéctica de la Naturaleza*. México, DF: Grijalbo, 1961.

Grene, M. y D. Depew. *The Philosophy of Biology: An Episodic History*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

Hird, M. *The origins of sociable life: Evolution after science studies*. Londres: Palgrave Mac Millan, 2009.

Hull, D. *Philosophy of Biological Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall Inc, 1974.

Hull, D. y M. Ruse (ed.). *The Philosophy of Biology*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

Mayr, E. *Towards a New Philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1988.

Rosenberg, A. *Darwinism in Philosophy, Social Science and Policy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

## Sexualidad y teoría de la selección sexual

- Bocklandt, S. y E. Vilain «Sex differences in brain and behavior: hormones versus genes.» *Advances in Genetics*, 59 (2007) 245-266.
- DiNapoli, L. y B. Capel «SRY and the standoff in sex determination.» *Molecular Endocrinology* 22, nº 1 (2008): 1-9.
- Fausto-Sterling, A. *Myths of Gender: Biological Theories about Women and Men*. Segunda edición. Nueva York: Basic Books, 1992.
- . *Sex/Gender: Biology in a Social World*. Nueva York: Routledge, 2012.
- Fisher, R. A. «The Evolution of Sexual Preference.» *Eugenics Review* 7 (1915): 184-192.
- Krebs, J. y N. Davies. *Sexual conflict and sexual selection. An Introduction to Behavioral Ecology*. Blackwell, Oxford, 1993.
- Kinsey, A. *El comportamiento sexual en el hombre*. 1948.
- . *El comportamiento sexual en la mujer*. 1953.
- Lamm E. «Review of: Julian Huxley, Evolution: The Modern Synthesis. [Edición definitiva 2010].» *Integrative Psychology Behavior* (MIT Press) 45 (2011): 154-159.
- Levins, R. y R. C. Lewontin «What is Human Nature?» En *The Dialectical Biologist*, de R. Levins y R. C. Lewontin. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- Parma, P., O. Radi, V. Vidal, M. C. Chaboissier, E. Dellambra, S. Valentini *et al.* «R-spondin 1 is essential in sex determination, skin differentiation and malignancy.» *Nature Genetics* 38 nº 11 (2006): 1304-1309.
- Roughgarden, J. *Evolution's Rainbow: Diversity, Gender and Sexuality in Nature and People*. Berkeley, CA: University of California Press, 2005.
- . *The Genial Gene: Deconstructing Darwinian Selfishness*. Berkeley, CA: University of California Press, 2009.
- Smith J. «Sexual Selection and the Handicap Principle.» *Journal of Theoretical Biology* 57 (1976): 239-242.
- Wilhelm, D., S. Palmer y P. Koopman. «Sex determination and gonadal development in mammals.» *Physiological Reviews* 87, nº 1 (2007): 1-28.
- Weismann A. «The significance of sexual reproduction in theory of natural selection.» En *Essays upon Heredity and Kindred Biological Subjects 1*, editado por E. Poulton, S. Schonland, A. Shipley, 254-338. Oxford: Clarendon Press, 1887.
- Zahavi, A. «Mate Selection: A Selection for a Handicap.» *Journal of Theoretical Biology* 53(1975): 205-214.

## Sobre la crisis del concepto de gen y los niveles de organización de la materia

Síntesis de la entrevista que *INTERdisciplina* realizó a Steven Rose, quien aborda diversos aspectos de la discusión entre los teóricos de las ciencias biológicas a la luz de los nuevos descubrimientos.



*En su opinión, ¿cuáles son las limitaciones del concepto clásico de gen, a la luz de recientes avances en el conocimiento sobre las interacciones genotipo-entorno (o entorno-genotipo)? ¿Cuáles son las consecuencias de la crisis que atraviesa este concepto, o su reformulación, en lo que constituye una nueva visión de la naturaleza que reconoce la existencia de niveles múltiples de causalidad?*

El concepto clásico de gen —con lo cual me estoy refiriendo a la manera simplificada en que había sido presentado en textos de enseñanza y de promoción como *The Selfish Gene* (Richard Dawkins, Oxford University Press, 1976), idea que enfrentaba problemas desde antes de que se secuenciara el genoma humano— mostraba sus limitaciones desde los primeros esfuerzos, allá por el 1900 por reproducir con otras especies los resultados de Gregor Mendel logrados con chícharos.

Siempre ha habido discrepancia entre las formas en que los genetistas poblacionales/biólogos evolutivos modelaban los genes como unidades heredables, y la concepción de los biólogos moleculares sobre qué constituye un gen. Para los primeros, los genes son entidades teóricas para ser enchufadas en ecuaciones, como el ejemplo de Dawkins de “un gen para una mala dentadura”. Para los últimos, los genes se hallan involucrados en interacciones moleculares cotidianas, especialmente durante el desarrollo: la enzima Beadle-Tatum de un solo gen, o el concepto simplificador de un gen = una proteína de los años treinta constituyeron un magnífico modelo heurístico en su momento, que fue por supuesto insostenible en la medida en que iba aumentando el conocimiento genético.

Esta discrepancia ha sido exacerbada por —a la vez que formó parte de— la escisión entre la genética y la biología evolutiva, que se inició en la primera parte

\* Facultad de Ciencias Naturales, Imperial College London. Correo electrónico: s.rose@imperial.ac.uk

del siglo pasado y continuó prácticamente hasta nuestros días. Ahora podemos ver cómo “el siglo del gen” de Evelyn Fox Keller<sup>1</sup> (*The Century of the Gene*. Harvard University Press, 2000), con la llegada del milenio, se transformó en “el gen desaparecido”. La existencia de 22,000 genes en el genoma humano para 100,000 proteínas y quién sabe cuántos billones ( $10^{12}$ ) de células, significa que las secuencias de ADN que configuran los genes “reales” están siendo alternativamente injertadas, editadas, recombinadas, fragmentadas y reinterpretadas a escala masiva por procesos celulares entre los cuales el objeto del interés actual de la epigenética —la “marcación” de genes durante el desarrollo y su seguimiento en la experiencia— es apenas un ejemplo, aunque una parte importante.

Digo experiencia con preferencia sobre entorno porque esto enfatiza el papel activo del organismo en la elección, manipulación y modificación de su entorno, en contraste con ser meramente un sujeto pasivo atrapado entre los genes y el entorno como si fueran las ruedas de arriba y de debajo de una gran moledora (lo que Dawkins llamaría “replicadores” y “vehículos”). Y porque “entorno” es además una de esas palabras mixtas que abarca todo, desde el citoplasma celular hasta el ecosistema, y también por supuesto, especialmente para los humanos, los ambientes cultural y familiar en el que están inmersos desde la niñez. Sobre el “entorno”, también hay que recordar las cuestiones que planteé en *Lifelines: Life beyond the Gene* (Penguin Press, 1998; Oxford University Press, 2003) —que fueron establecidas por Richard Lewontin<sup>2</sup> antes que yo, acerca de cómo el entorno es definido por los organismos— acerca de qué rasgos (la gravedad, la tensión superficial, etc.) son los relevantes.

De modo que, respondiendo a su pregunta, para mí la consecuencia más importante de la crisis es que, una vez más, ha colocado al organismo más que el gen en el centro focal de la vida. Incluso esto no va a ser suficiente porque, así como el gen está inserto/corporizado en el organismo, igualmente cada organismo está inserto en una población y un ecosistema, y ciertamente en un flujo temporal que se remonta no solamente a su propia historia individual pasada sino también a la red evolutiva.

El tema de los “niveles” es más problemático. Hilary Rose<sup>3</sup> rechaza el con-

<sup>1</sup> Autora y feminista norteamericana. Actualmente trabaja como profesora de Historia y Filosofía de la Ciencia en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Su trabajo se ha centrado en la Historia y Filosofía de la Biología moderna, así como en los Estudios de Ciencia, Tecnología y Género

<sup>2</sup> Líder en el desarrollo de las bases matemáticas de la genética de poblaciones y la teoría de la evolución, y pionero en aplicar técnicas de biología molecular, como la electroforesis en gel, en cuestiones de variabilidad genética y evolución.

<sup>3</sup> Socióloga inglesa, ha publicado extensamente sobre sociología de la ciencia desde una perspectiva feminista. Junto con Steven Rose dio una serie de conferencias sobre “Genética

cepto porque implica jerarquía con el nivel “más bajo” como el más fundamental; ella preferiría el concepto de diferentes discursos. Sobre esto, ella y yo tenemos uno de nuestros pocos desacuerdos teóricos. No veo ningún problema en reconocer diferentes niveles de organización de la materia, de los átomos a las moléculas, a las células, a los organismos, hasta los ecosistemas, en cada uno de los cuales hay dispares niveles de complejidad y se generan diferentes e irreductibles principios de organización. De modo que, por ejemplo —para regresar a un debate que tuve una vez con Max Perutz— la bioquímica, que se ocupa del metabolismo de moléculas constreñidas por patrones espacio-temporales particulares, no puede ser reducida a la química. Sin embargo, estoy de acuerdo con ella (Hilary) en que el tema de los niveles se puede confundir con el de las disciplinas/discursos y sus diferentes historias, como por ejemplo en el caso de la bioquímica/fisiología.

Esto da pie a cuestionamientos sobre el estatus epistemológico/ontológico de los niveles. Para los marxistas y otros pensadores inscritos en la tradición marxista —estoy pensando particularmente en Joseph Needham (1900-1995; bioquímico inglés e historiador de la ciencia y tecnología de China) en este momento— los niveles son claramente ontológicos. Sobre lo que quisiera insistir es la unidad ontológica de un mundo material dentro del cual puede haber, y ahora creo que debe haber (contrariando mis puntos de vista anteriores, y ciertamente la defensa de Wilson de la consiliencia, que significa la subordinación de lo social a lo biológico) diversidad epistemológica. Para citar a la filósofa inglesa (y claramente no marxista) Mary Midgley (*Beast And Man: The Roots of Human Nature*. Routledge, 1978) vivimos en un mundo único, pero grande.

Un factor condicionante importante en este punto es que no todos los discursos pueden ser redefinidos en términos de niveles. Antes yo pensaba que mente y cerebro eran términos equivalentes, y así los usé en uno de mis primeros libros, *The Conscious Brain* (1976). Ya no pienso de esta manera, y rechazo el reduccionismo de mis colegas neurocientíficos (Crick, Kandel, por ejemplo) que defienden la postura de que “eres tu cerebro”. Los conceptos de persona, del yo, de la mente, pueden ser dependientes de que la persona tenga cerebro, pero no son irreductibles y ni siquiera son analizables en términos puramente biológicos. No me explayaré sobre este punto ahora ya que está fuera de los términos de la pregunta, pero es uno de los temas del libro sobre el cual Hilary y yo estamos trabajando ahora.

En cuanto a los niveles de causalidad, me da la impresión de que es uno de

---

y Sociedad" en el Gresham College de Londres. Uno de los productos de esta colaboración fue la edición de *Alas Poor Darwin: Arguments Against Evolutionary Psychology* (publicado por Vintage, 2001).

los problemas fundamentales de la ciencia —o, tal vez mejor, *wissenschaft*— localizar el nivel determinante de cualquier cuestión/problema. No se podría jugar futbol si las propiedades físicas de la pelota, la cancha y la fisiología humana fueran diferentes, pero no hace falta conocerlos a fondo para discutir las reglas del juego ni las razones por las cuales Alemania ganó la más reciente Copa del Mundo. Las causas de las guerras ilegales no hay que buscarlas en niveles anómalos de neurotransmisores en los cerebros de los políticos. Pero las causas proximales de la enfermedad de Alzheimer se encuentran en ciertas fallas de mecanismos bioquímicos que resultan en la formación de placas y marañas neurofibrilares. (Dicho sea de paso, no me gusta la distinción de los biólogos evolutivos —creo que el término se deriva del trabajo de Ernst Mayr (1904-2005, biólogo evolutivo alemán)— entre causa “proximal” (que equivale a fisiológico) y “última” (evolutivo). “Última” parece cosa de Dios en su certeza magisterial (Aristóteles), de modo que yo hablaría de proximal y distal.

## Sobre la síntesis evolutiva ampliada

*Muchos autores, como Massimo Pigliucci, hablan de la necesidad de “una síntesis extendida o ampliada” en la biología evolutiva, mientras otros investigadores como Eva Jablonka discurren sobre nuevas dimensiones que deben ser tomadas en cuenta para dar una explicación más integral de la evolución. En esta discusión, temas tales como los niveles (fenotípico, genético, ambiental, epigenético) en los cuales ocurre la variación, la relación no lineal entre el ADN y los péptidos (medida mediante la edición alternativa de ARN), la existencia de niveles adicionales de causalidad que tienen que ver con fuerzas micro evolutivas, y otros asuntos semejantes han sido muy relevantes. Parece existir un paralelismo con su llamado a re-integrar la biología. ¿Cree usted que lo que hace falta es una expansión del programa de investigación de la biología evolutiva, o una revolución conceptual que abarque otras maneras de entender las relaciones entre los diferentes niveles de organización material? ¿Cómo podemos trascender las barreras implicadas en el reduccionismo filosófico y ontológico en materia de explicaciones biológicas?*

En realidad, ya me dirigí a la mayoría de estas preguntas en mi primera contestación. No soy biólogo evolutivo pero, desde donde estoy parado, la obsesión de los ultra darwinistas con la selección natural como único mecanismo para el cambio evolutivo, y con el gen como la única “unidad de selección” me parece manifiestamente errónea. No, vuelvo a insistir, por las razones que aduce Fodor (filósofo y psicolinguista estadunidense) en su más reciente libro (*What Darwin Got Wrong*, Jerry Fodor y Massimo Piattelli-Palmarini, Farrar, Straus y Giroux, Nueva York. Véanse los intercambios de correspondencia sobre este tema en el *London Review of Books*, vol. 32 núm. 13, julio 2010, por ejemplo). Estoy de

acuerdo con Darwin, quien insistía en el pluralismo, que la selección natural era uno de los principales, pero no el único mecanismo de cambio evolutivo (no fue la selección natural lo que provocó la extinción de los dinosaurios). Y me parece totalmente evidente que la selección natural actúa sobre un ciclo vital —no simplemente el organismo adulto— y que hay múltiples niveles en los que puede actuar: gen, genoma, organismo, población, especie y ecosistema. Igualmente, que no toda evolución exige cambios al nivel génico —hay evidencia bien establecida sobre los fenómenos *dauer*— transmisión transgeneracional sin cambio génico (por ejemplo, por vía de la marcación epigenética) —y el argumento de Jablonka en favor de la evolución a nivel conductual. Y también hay en juego otros procesos, incluyendo por supuesto la selección y desplazamiento sexual, etc. Dover incluiría también lo que él llama impulsión molecular, pero nunca he llegado a entender lo que esto involucra. El punto de vista de Waddington era que tales cambios podían ser fijados —o confirmados— con cambios génicos que dan alcance al fenotipo. Estas son áreas de gran riqueza para investigaciones presentes y futuras. Pero, como ya dije, soy neurocientífico, y tenemos problemas propios que hay que resolver.

### Sobre las leyes de las formas o la historicidad en biología

*En su libro Lifelines: Life beyond the Gene usted declara que hay que hacer la defensa del carácter histórico de los procesos estudiados por la biología. Me gustaría que usted se explique un poco más sobre este asunto. ¿Por qué tendríamos que defender a la historia como parte de la biología en un tiempo en que desarrollos teóricos desde la física hasta los sistemas complejos pueden explicar aparentemente la diversidad de formas vivientes en el planeta (por lo menos, esto es lo que sostienen algunos discursos)? En esta noción de la historia como aspecto clave de la evolución, ¿qué roles juegan la contingencia y la aleatoriedad? ¿Cómo enriquece esto una visión integrada de la biología?*

Puede haber un poco de confusión en este punto. El término historia —y probablemente sea culpa mía— confunde dos procesos diferentes. Por un lado, estoy diciendo que los sistemas vivientes existen en el tiempo además del espacio —de ahí la necesidad de una perspectiva que incluya el ciclo vital y la línea de comunicación— con su propio ciclo vital y el de la historia evolutiva que lo generó. Por el otro, arguyo que la ciencia que practicamos —los instrumentos, conceptos, reglas de procedimiento y diseño experimental, los marcos meta-teóricos que aportamos a nuestro trabajo— no puede ser entendida sin incrustarla en la historia de la disciplina que, a su vez, está incrustada en la historia cultural de nuestra propia sociedad que es, para la ciencia occidental, un capitalismo global inherentemente reduccionista.

*Sobre el poder heurístico de una perspectiva dialéctica, en el mismo libro usted sostiene la relevancia de dos categorías, tal vez ontológicas: la “trayectoria vital” y la “homeodinámica”. Desde nuestra perspectiva, estas dos categorías permiten una mejor comprensión de la interacción dialéctica entre organismo y entorno como parte de un proceso. En su opinión, ¿cómo contribuye un enfoque dialéctico al estudio de la evolución, moviéndonos, por así decirlo, hacia un campo histórico o filogenético? ¿Por qué nos ayuda un punto de vista dialéctico a comprender mejor el cambio en una dimensión temporal evolutiva relevante o profunda?*

No quiero regresar a la *Dialéctica de la naturaleza* de Engels —por más fascinante que sea ese libro como documento histórico— ni a las esterilidades del estalinista Diamat, ni los intentos de escritores como Prenant —si bien la introducción de Haldane a la traducción inglesa de Engels es más modesta, sigue estando demasiado sometida al maestro— para tratar de meter con calzador a la biología de los años treinta dentro del marco de tales ortodoxias. Tampocoquiero involucrarme en debates sobre los múltiples significados y usos de la palabra dialéctica. Estoy seguro de que Dick Levins, en sus respuestas a sus preguntas, será mucho más claro que yo (ver *INTERdisciplina*, p. 205). Lo que sí me parece importante para los biólogos es:

Primero, ser conscientes de los peligros del reduccionismo y de la poco apropiada atribución de causas sobre la que insiste el materialismo mecánico y que el materialismo dialéctico puede evitar; por consiguiente, hay que enfatizar los niveles.

Segundo, esforzarse por elegir el nivel correcto de organización biológica en el cual estudiar el tema propuesto (esto se ilustra de manera expresiva en la disputa actual en el seno del Proyecto del Cerebro Humano de la Unión Europea, donde se está librando una amarga disputa entre aquellos que quieren hacer un modelo en silicón del cerebro de abajo hacia arriba —es decir, desde el nivel molecular— y aquellos que quieren empezar desde arriba con la cognición).

Tercero, enfocarse sobre las propiedades dinámicas de los sistemas vivientes con preferencia sobre su apariencia estática en un momento dado; de ahí la importancia de la homeodinámica y las líneas de comunicación. Estasis es muerte.

Cuarto, alejarse del énfasis sobre los objetos —cosas— y acercarse más a los procesos, los cambios continuos que acompañan la paradoja de que todos los organismos vivientes están al mismo tiempo *siendo* una cosa y *transformándose* en otra; de ahí la autopoyesis.

Quinto, reconocer la historicidad de nuestras investigaciones en el sentido doble que describí anteriormente.

Sexto, reconocer que cada estudio es una abstracción de la complejidad del mundo real. Tenemos que reducir variables, controlar condiciones “externas”, y crear un mundo artificial dentro del cual podamos extraer conclusiones con un

grado razonable de certeza, por más que sean conclusiones moldeadas por la artificialidad de lo que podemos medir, incluyendo nuestra tecnología e instrumentación y, para seres vivos tales como los que estudian los fisiólogos, bioquímicos, etc., la limitación que significa aislar o restringir el contacto del organismo respecto de su entorno e interacciones sociales. Por esto, cuando las conclusiones salidas de nuestro ambiente artificial se devuelven a la complejidad del mundo real, frecuentemente fallan o resultan engañosas.

## Sobre la sociología de la ciencia

*Respecto de los trabajos que coordinó usted durante los años setenta, como La Radicalización de la Ciencia o La Economía Política de la Ciencia, que incluían un enfoque más sociológico de la ciencia, ¿qué elementos de estos análisis todavía vale la pena preservar y cuáles han perdido actualidad, dadas las transformaciones geopolíticas de las cuatro últimas décadas?*

Hilary es la socióloga de esta pareja, y sería mejor dirigirle la pregunta a ella. Sin embargo, puede apreciar algunos elementos de nuestra respuesta en el análisis de las ciencias de la vida en el marco, y como parte, de la economía política de un capitalismo global, andariego y neoliberal, que describimos en nuestro más reciente libro titulado *Genes, Cells and Brains: The Promethean Promises of the New Biology* (Hilary Rose y Steve Rose, Verso, 2013). Para decirlo en pocas palabras, los libros anteriores fueron escritos en una época de optimismo; desde entonces, las cosas no han hecho más que empeorar.

## Sobre las neurociencias

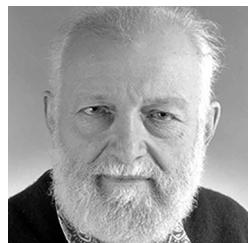
*Sobre su trabajo neurocientífico y sus reflexiones sobre el origen de la conciencia humana, ¿considera usted que el método dialéctico empleado por Hegel y Marx (reconociendo de antemano las diferencias entre estos dos autores) sigue siendo relevante para explicar el desarrollo de la conciencia y la conciencia de uno mismo? ¿Con qué perspectiva biológica evolutiva cree usted que es compatible?*

No quiero discutir a Hegel y Marx en relación con el tema de la conciencia. Por un lado, no estoy realmente calificado para hacerlo; por el otro, “conciencia” es una palabra con muchos significados y usos (el inconsciente freudiano, la conciencia de clase, la conciencia feminista, el debate filosófico acerca de las perspectivas de primera y tercera persona, el dualismo, los *qualia*, etc.). De modo que permítame responder desde la perspectiva materialista de las ciencias de la vida en general y la neurociencia en particular. No adopto la postura reduccionista de mi libro ya bastante antiguo *The Conscious Brain* (1973), ni el lema simplista de “usted es su cerebro” de muchos neurocientíficos. Ya mencioné antes

quién podría definir la conciencia como el simple hecho de estar despierto y no dormido. Querría insistir en que la conciencia es una propiedad evolucionada y como tal no es un epifenómeno sino que tiene valor para la supervivencia para seres profundamente sociales como los humanos. Pero también en que es una propiedad emergente, dependiente de y mediado por cerebros corporizados, pero no reductible a los mismos. En este sentido, la conciencia ocurre en la historia recordada presente y pasada de las interacciones entre humanos y sus entornos físicos y, sobre todo, sociales y culturales. Este es un conjunto complicado de pensamientos, que todavía no puedo formular a mi entera satisfacción, pero estoy trabajando en ello. **Id**

## Acercamiento a la ciencia desde la asimetría, la irregularidad y la subversión

Entrevista a Richard Levins, un hombre que nunca aceptó las divisiones entre las disciplinas, ni entre la ciencia y otras actividades del ser humano, como la política, por ejemplo.



*Los trabajos que ha publicado a lo largo de varias décadas, solo y junto con los de Richard Lewontin al menos, tienen a la dialéctica como su eje metodológico y conceptual. ¿Podría decirnos de manera breve cuáles serían las principales características de un pensamiento dialéctico, opuesto al reduccionista, en el estudio de los seres vivos?*

El término “materialismo dialéctico” tiene mala fama por la manera en que el grupo de Stalin se apropió de él para justificar las decisiones tomadas por razones muy diferentes y para usarlo como arma en contra de sus adversarios. Sin embargo, el término es preciso para describir la filosofía de Marx, y me gustaría rescatarlo de su ostracismo.

Podemos enfocar la dialéctica primero como polémica tanto contra el reduccionismo, que era la filosofía burguesa dominante respecto de la ciencia, a la que se referían en tiempos de Marx como materialismo mecánico, como contra el holismo idealista, que representaba la principal corriente crítica al reduccionismo. El reduccionismo asevera que las partes más pequeñas de un sistema son las más “fundamentales”, que si podemos reducir algo a sus componentes más pequeños lo habremos entendido en principio, que las “partes” son inalterables e interactúan externamente sin cambiar ninguna característica importante de ellas mismas, para dar como resultado una “totalidad”. Es importante subrayar que el reduccionismo no es igual que la reducción, una táctica legítima de investigación para encarar de qué está hecha alguna cosa.

El comunista británico J. B. S. Haldane, en su *Marxist Philosophy and the Sciences*, (Nueva York, Random House, 1930) advirtió sobre las dificultades para aplicar el marxismo a la ciencia contemporánea:

205

---

\* Departamento de Salud Global y Población, Escuela de Salud Pública, Harvard. Correo electrónico: [humaneco@hsph.harvard.edu](mailto:humaneco@hsph.harvard.edu)

He intentado aplicar el marxismo a los problemas científicos de mi propia época, como hizo Engels durante varios años y Lenin en 1908. No tengo ninguna duda de que he cometido errores. Un marxista no debería tenerles demasiado miedo a los errores.

La clase de intentos que yo hice abre la puerta a una de dos críticas. Si uno se limita a hechos científicos bien establecidos, se le dice que es fácil aplicar el marxismo después de que el evento ha sucedido y que, con un poco de ingenio, es posible encontrar una cita de Marx o Engels apropiada para cada trabajo científico reciente. Si, por el contrario, uno se aventura a especular, con toda seguridad se equivocará en asuntos de detalle, si no en los temas más fundamentales. No obstante, creo que vale la pena demostrar la clase de especulaciones a las que el marxismo puede conducir al científico (Haldane 1930: vii-viii).

O si intentamos formularlo como leyes, se percibe como rígido y dogmático. Prefiero considerar los principios dialécticos como advertencias acerca de los tipos más comunes de errores que se pueden cometer al interpretar el mundo.

El principio de Hegel de que la verdad es la totalidad se transforma en advertencia: las cosas son más grandes de lo que imaginamos; siempre hay más; un problema tiene que ser planteado lo suficientemente grande como para ajustarse a una solución, o de lo contrario nos encontramos con la respuesta trivial de que el fenómeno es causado por varios factores externos a los cuales les asignamos pesos estadísticos, pero sin enfrentar la cuestión del origen de lo externo.

Las cosas están conectadas. Esto difiere de la aseveración de la tradición espiritual en el sentido de que “todos somos uno”. Todos no somos uno. Las cosas están diferenciadas; todas las cosas son heterogéneas internamente, de modo que hay que examinar la dinámica interna junto con los “factores” externos. Y si realmente interactúan con nuestros objetos de interés primario, entonces deberían ser incluidos en un todo mayor.

La primacía del proceso por sobre las cosas: las cosas son momentos en la vida de los procesos, instantáneas de cuando un equilibrio transitorio de procesos opuestos permite una momentánea estabilidad susceptible de que se le dé un nombre.

Más aun, no sólo no hay nada permanente, sino que hasta es diferente aunque se le asigne el mismo nombre. A veces estas diferencias son cruciales, a veces triviales. Por ejemplo, el “mercado” no es el mismo cuando los campesinos llevan su maíz a vender, que cuando Monsanto, Cargill, ADM y unos pocos más controlan el mercado internacional en el cual operan. Tampoco las elecciones son siempre iguales, ya que pueden ser ejemplos de democracia capitalista o los rituales del fraude que evitan el cambio.

O cuando se examina a los problemas exclusivamente en su propio nivel.

Por ejemplo, los organismos, las poblaciones y los ecosistemas. Ninguno de ellos es más fundamental que los otros. Cada uno tiene sus propias “leyes”, categorías y regularidades que dependen de los niveles adyacentes y actúan como límites, aunque con su propia autonomía. Se pueden cometer errores importantes cuando los problemas son tratados exclusivamente dentro de sus propios niveles. Así, las cardiopatías son un fenómeno de dinámica de fluidos en la circulación de la sangre, pero están vinculadas con el estrés, la nutrición, el tipo de empleo, el envejecimiento (contradicción).

## Complejidad y dialéctica

*¿Cuáles serían los aciertos y las limitaciones de las nuevas escuelas de la complejidad que han surgido en las ciencias biológicas?*

Las nuevas escuelas de pensamiento que tratan de enfrentarse con la complejidad se quedan a mitad del camino. Usan ampliamente a la computación y las simulaciones de tal manera que generan descripciones y predicciones acerca de las mismas variables originales, las pequeñas partes a las que se les permite afectar a las totalidades pero que no son transformadas por ellas. La interacción entre niveles se interpreta como unidireccional. Y, de manera especial, evitan examinar las relaciones sociales (de clase) como factores que afectan a los individuos, las poblaciones y los ecosistemas. Así, la medicina funcional es excelente para vincular partes de la fisiología, y aun de la conducta, pero se detiene en la piel. El sida es visto como un problema de virología y conducta humana, pero no considera la tenencia de la tierra como relevante. Están inhibidos de adoptar un enfoque plenamente dialéctico por la economía política de la ciencia, la fragmentación institucional de las disciplinas, y la filosofía dominante que ve al reduccionismo como la cumbre de la objetividad. Pocos autores de trabajos sobre complejidad reconocen siquiera la tradición dialéctica. Su aportación principal es poner a la complejidad en la agenda de la ciencia.

## Clasificar lo que está en evolución

*¿Podría decirnos algo acerca del concepto de interpenetración y de cómo a partir de él podemos entender los cambios cuantitativos-cualitativos en la naturaleza?*

Mi punto de partida es que las categorías que son tratadas como mutuamente excluyentes en realidad se interpenetran. Cuando contraponemos la herencia con el entorno, la fisiología con la psicología, la biología con la sociedad o la cantidad con la calidad, estamos podando regiones fronterizas de gran potencial. Cuando hacemos preguntas como, por ejemplo, de qué manera afecta la temperatura a las poblaciones de moscas de la fruta, tenemos que hacer más distinciones.

Ya que la temperatura deseca a las moscas, un mayor tamaño representaría una ventaja adaptativa. Pero el efecto directo sobre el desarrollo de una mayor temperatura es acelerar dicho desarrollo y darnos moscas más chicas. Otra especie de *Drosophila* no muestra ni gradientes de tamaño ni tolerancia adquirida a la temperatura. ¡Simplemente tiene más recursos para evitar el calor! De modo que existe una interacción compleja entre fisiología, conducta y selección natural que hace que la “temperatura” en sí no sea un buen concepto ambiental. Tenemos que preguntarnos en qué escala de tiempo se da la relación con los patrones de temperatura espaciales y temporales, y más. Las moscas en regiones secas y calurosas son seleccionadas por su mayor tamaño e impactadas directamente por su entorno para producir individuos de menor tamaño. Pero en los climas calurosos y húmedos la selección y la fisiología del desarrollo empujan el tamaño en la misma dirección. La biogeografía tiene que vincular a la fisiología con la dinámica poblacional y la conducta.

Cuando nos ocupamos de nuestra propia especie, surgen problemas nuevos (¡siempre pasa!). La zoología tradicional diferencia a las especies animales según lo que comen: herbívoros, carnívoros, omnívoros, o tal vez introduce subdivisiones más finas, como detritívoros, insectívoros, frugívoros y otros. ¿Qué clase de “voros” somos nosotros? En un sentido somos omnívoros, como los osos y una cantidad relativamente pequeña de otros animales terrestres. Esa calidad de omnívoros podría explicar el pH de la boca en contraste con el del estómago. Pero no solamente recolectamos nuestro alimento, sino que también lo transformamos, llevando a cabo parte del proceso digestivo fuera del cuerpo mediante la cocción, haciendo comestible lo que de otra manera no lo es. Hasta producimos nuestro propio alimento desde hace unos 10,000 años por medio de la agricultura. De modo que fisiológicamente somos omnívoros, pero socialmente productívoros. Esto expande mucho nuestro nicho, haciendo posible que invadamos hábitats donde, de otra manera, nos moriríamos de hambre.

Y surge otra cortapisada: ya no es apropiado hablar de “nosotros”. “Nosotros” hemos estado divididos durante varios milenios en clases, y dichas clases difieren en lo que comen o en lo que no pueden obtener para comer, cómo perciben su entorno, cómo actúan sobre sus alrededores afectando o no la habitabilidad de nuestro mundo, lo que creen y a lo que aspiran.

*¿Podría explicar brevemente cuál es el papel de los conceptos de contradicción u oposición en el pensamiento dialéctico, cuando es aplicado a la biología?*

Objetivo/subjetivo es una de las distinciones más difíciles, pero es claramente posible estudiar objetivamente la subjetividad, mientras no es posible evitar la subjetividad de nuestra experiencia. La subjetividad de otra persona se transforma en el objeto de nuestro estudio, mientras todos nuestros sentidos

imponen una subjetividad al mundo objetivo que encontramos.

En matemáticas hay un sesgo hacia la cuantificación y la medida. Esto ha jugado un papel importante en el desarrollo de las ciencias físicas, donde la medición fina nos ha permitido diferenciar entre hipótesis opuestas. Pero la gran utilidad de la medición cuidadosa radica en que nos permita tomar decisiones cualitativas que eduquen a nuestra intuición que así nos permita comprender un mundo de un vistazo. En ocasiones las simulaciones nos muestran fenómenos que tenemos que explicar, o el análisis cualitativo crea nuevos objetos que hay que medir.

Tal vez el conflicto más agudo entre el pensamiento dialéctico y la lógica formal se genera en torno de la contradicción. La lógica formal, del tipo que se muestra en diagramas de Venn, presenta proposiciones lógicas bajo la forma de conjuntos estáticos. La inclusión de un conjunto dentro de otro permite al conjunto interior inferir el conjunto exterior. “Inferir” significa una relación estática. Los primeros dialécticos veían a la inferencia de una manera más dinámica. En el método socrático las proposiciones se enuncian, se confrontan, se contradicen (literalmente, se habla contra ellas) y se descartan para pasar al tema siguiente. La lógica formal le quita la dinámica a la contradicción, excepto en la prueba matemática por contradicción (reducción al absurdo). Para los dialécticos es posible restaurar la dinámica. La contradicción se transforma en la oposición a procesos dentro de sistemas que les hacen avanzar. Ya no se trata de la relación estática de la teoría fija de “infiere”; “infiere” es el equivalente formal de la más dinámica “conduce a”.

Esto plantea una hipótesis: para explicar algo, hay que buscar los procesos opuestos dentro del mismo.

Para responder a su pregunta, para estudiar la evolución deberíamos pre-guntarnos sobre la relación organismo-entorno; la confluencia o la oposición de fisiología, conducta y selección que hace que cada aspecto de un organismo sea el entorno de las otras partes, dirigiendo así a la selección natural; la manera en que las comunidades crean mutuamente el entorno y la dinámica demográfica de otras. Y cuando estudiamos el bienestar de nuestra especie, tenemos que tomar en cuenta sus divisiones en clases con intereses yuxtapuestos y opuestos.

## De modelos a realidades

*¿De qué manera puede la modelización en biología vincularse con un enfoque dialéctico?*

En su sentido más amplio, modelar es la creación de objetos para que los estudiemos en lugar del objeto original de interés. Queremos que nuestros modelos capturen cualidades esenciales del original, pero que sean más maneja-

bles y fáciles de estudiar. Así, las ratas son modelos de humanos en el estudio de la fisiología y patología médicas. Un túnel de viento es el modelo de un avión en pleno vuelo, y así. El siguiente paso está representado por los modelos abstractos, habitualmente matemáticos, que deben capturar ingredientes esenciales del original. Pero los modelos también pueden ser engañosos. Un dialéctico miraría el proceso de modelado y preguntaría: ¿qué ha capturado de la realidad y qué ha distorsionado? Es crucial que, al comienzo del modelado, se decida qué hay que incluir y qué hay que omitir. Aquí es donde entra la filosofía. Los modelos sociales en los Estados Unidos de América omiten el factor de clase; los modelos de patología omiten la nutrición; los modelos evolutivos pueden omitir el cambio climático; los climatólogos pueden omitir la manera en que la vegetación afecta a las comunidades de insectos; algunos modelos pueden examinar la demografía de las especies, pero no su heterogeneidad genética, o ver su composición genética, pero no su distribución etaria, por más que la edad esté relacionada con la aptitud. Para evitar cometer errores terribles, deberíamos preguntar: ¿qué más hay ahí afuera? ¿Por qué los modelos anteriores fueron realizados de tal o cual manera? ¿Por qué algunas cosas nos parecen obvias, mientras otras las consideramos demasiado fantasiosas como para ser tomadas en cuenta? También nos hacemos preguntas matemáticas: ¿las observaciones se están haciendo lo suficientemente cerca la una de la otra como para usar modelos continuos, o los reportes —como los boletines mensuales de laboratorios de distrito a su centro nacional— están tan separados en el tiempo como para hacernos usar modelos discontinuos de ecuaciones diferenciales? El paso crucial es reconocer que el modelador es parte del modelo.

También está la cuestión de qué nos dice un modelo. En la medida de que abrigamos la esperanza de que el mundo sea un lugar ordenado, revisamos el modelo en busca de equilibrios: ¿qué puntos de partida conducen a esos equilibrios? ¿Cuántos equilibrios hay, ya sean estables o no? ¿Una trayectoria fluctúa con oscilaciones regulares periódicas (en cuyo caso el periodo, más que el punto de equilibrio, serían el objeto del estudio)? O ¿qué pasa si no hace nada de esto? ¿Qué pasa si observamos oscilaciones irregulares, no periódicas? Esto se consideraba frustrante, una desviación de la buena conducta cristiana, y por lo tanto se le colgó el marbete de caos. En nuestros días, las oscilaciones irregulares pueden ser observadas mediante la simulación y tildadas como caóticas. Pero el caos como resultado de una diferencia o ecuación diferencial no es algo falso de estructura ni arbitrario. Podemos cambiar la pregunta del periodo al intervalo entre los picos. Nótese que, en los modelos originales de frecuencia genética (ecuaciones logísticas), podemos probar el “caos”, que permite oscilaciones con todos los periodos o ninguno. Pero el intervalo entre picos (o semiciclo, el número de pasos consecutivos de un lado del equilibrio) sigue estando limitado

por las pre imágenes del equilibrio. Categorías tales como el cuenco de atracción (*basin of attraction*), el semicírculo, o el intervalo entre picos son objetos nuevos a identificar, más interesantes. Más aun, la mayoría de los modelos matemáticos preguntan sobre el comportamiento “eventual” de una ecuación. Pero existe mucho menos interés por los transitorios que se producen mucho antes de que el proceso se acerque a los desenlaces porque las condiciones iniciales son consideradas como arbitrarias. Una especial sensibilidad al cambio inclina a los dialécticos a pensar más en la conducta transitoria de sistemas sacudidos por influencias externas o dinámicas internas, y el estudio de las pre imágenes como herramienta para esta clase de análisis.

## Marx, Engels y la dialéctica

*¿Cuál es su punto de vista con respecto a la tesis manejada por varios autores marxistas en la que se acusa a Engels de usar una dialéctica distinta, ajena a la de Marx y que incluso “traicionó” la dialéctica marxiana? ¿Considera que las aportaciones de Engels en la dialéctica de la naturaleza son vigentes, en especial en el campo de la biología?*

Marx y Engels tenían una relación de trabajo compleja. Estaban de acuerdo en que Marx debía concentrarse en las economías nucleares mientras Engels exploraba una gama de temas más amplia. Pero ambos sometían sus borradores de artículos el uno al otro. En particular Engels, quien estaba más comprometido que Marx con las ciencias naturales, y quien nos cuenta que Marx leyó el manuscrito de *Anti-Dühring* y lo aprobó. Cada uno influyó sobre el pensamiento del otro de muchas maneras. Fue la compañera de Engels, Mary Burns, quien los convenció de que replantearan el colonialismo después de su entusiasmo inicial por apresurar el desarrollo del capitalismo (ella era nacionalista irlandesa). Más aun, algunos artículos firmados por Marx de hecho fueron escritos por Engels. Marx nunca escribió una exposición explícita de la dialéctica, mientras Engels intentó hacerlo y nos legó algunas “leyes” que sonaban bastante envaradas. Compartieron no solamente sus intuiciones sino también sus errores. Por ejemplo, en su *Origen de la familia, propiedad privada y estado*, Engels aceptó la suposición patriarcal burguesa de que los hombres tienen naturalmente un interés por verificar la paternidad, pretensión que la moderna antropología ha podido desvirtuar. Una cuidadosa historia intelectual podría mostrar facetas interesantes de la interacción entre los dos amigos y colaboradores, quienes compartieron filosofía y compromiso comunes pero que diferían mucho en lo que se refiere a sus orígenes sociales, áreas de intereses específicos y estilos de vida, pero no veo ninguna virtud en el intento por enfrentarlos entre sí.

*¿Podría hacer un breve resumen de su trayectoria intelectual y de cómo, dentro de ella, llegó hacia el marxismo?*

Creo que debería terminar con algún tipo de relato sobre cómo mi trabajo está relacionado con el marxismo. Me encontré por primera vez con el materialismo dialéctico cuando era adolescente a través del trabajo de los científicos marxistas británicos Haldane, Bernal, Needham, Levy y otros. Me pareció inmediatamente excitante y estéticamente disfrutable. En noveno grado nos enseñaban genética mendeliana, pero parecía demasiado rígido y formalista cuando se comparaba con la fluidez de los intentos de Lysenko por combinar desarrollo con genética y su invocación a la dialéctica en sus encarnizados debates. Fui lysenkoísta convencido durante varios años hasta que por fin me di cuenta de que estaba tergiversando una filosofía bella, compleja y dinámica para imponerle a la ciencia algunas conclusiones desastrosas, y que también era reduccionista al afirmar que la formación de especies era un tema para la biología del desarrollo, mientras yo ya la entendía como un problema de población, y decidí que tal vez yo pudiera contribuir a la ciencia. Seguía interesado en la herencia de rasgos adquiridos, pero ahora desde el punto de vista de que, si las poblaciones se adaptan a su entorno, ¿qué pasa si la generación siguiente tiene que enfrentarse con condiciones diferentes? Ahora mis intereses matemáticos y biológicos —que hasta entonces habían corrido en vías paralelas— se juntaron, y empecé a explorar la estructura del entorno, y cómo las condiciones naturales variaban mientras los organismos respondían a ellas. Mientras tanto, el mejor amigo de mi adolescencia fue a visitarme desde su refugio en Dinamarca (Bernhard Deutch, una víctima del macartismo) a mi refugio montañoso en mi granja de Puerto Rico, y después de una noche de amplias discusiones de ciencia y política, concluyó diciéndome: “tienes que escribir tus ideas”. De modo que lo hice, y empecé a encontrar la manera de regresar a la ciencia. A partir de ahí siempre combiné el activismo científico con el político.

La dialéctica siempre fue para mí una experiencia estética además de intelectual. Amaba la asimetría, la no linealidad, las interacciones entre fenómenos aparentemente no relacionados, fenómenos opuestos dentro del mismo sistema, preguntas del tipo “¿y si no fuera así? Mis contribuciones a la ecología evolutiva fueron en su mayor parte de este tipo: la interpenetración de organismo y entorno, los niveles (ambientes locales incrustados en regiones geográficas), la estructura de las comunidades ecológicas. Y esta misma manera de mirar el mundo guió mi actividad política en el movimiento por la independencia de Puerto Rico, la educación marxista y el activismo contra la guerra. En esto tuve la suerte de tener la colaboración de Richard Lewontin. Teníamos técnicas diferentes para elegir, y eran distintos los problemas que abordábamos, pero todo dentro de un marco compartido de compromiso filosófico y político.

## Estar en la historia

*Usted se refiere a objetivo/subjetivo como una de las falsas dicotomías, pero todas sus respuestas se hallan en el dominio de lo objetivo. ¿Qué pasa con el aspecto subjetivo de ser marxista?*

Mi respuesta tiene dos partes: una ética y la otra estética. La parte ética se refiere al imperativo de actuar de acuerdo con las conclusiones de un análisis sobre la sociedad, el reconocimiento de que estamos en instituciones desarrolladas para promover el avance del beneficio y dominación capitalista, y para hacer que la gente se sienta cómoda con la forma en que están las cosas. Por lo tanto, tenemos que desarrollar una estrategia de “un pie adentro, otro pie afuera” en relación con nuestro empleo y profesión o, en palabras de San Pablo, “en pero no *de* este mundo”. Pero este requerimiento no es simplemente la obligación moral de actuar según nuestra comprensión. He encontrado que el activismo político enriquece mi comprensión y ayuda a socavar el omnipresente pesimismo de mi comunidad. Conduce a hipótesis de trabajo: que cuando argumentos válidos conducen a conclusiones opuestas respecto de un problema, quiere decir que el problema ha sido mal planteado (por lo general, de manera demasiado estrecha, o estática, o sin perspectiva histórica); que cuando se enfrentan dos movimientos que procuran justicia, quiere decir que ambos están pidiendo demasiado poco (por ejemplo, cuando los leñadores temen la protección de los ecologistas al hábitat de los búhos; no son los búhos los que amenazan sus fuentes de trabajo sino la voracidad que amenaza a los dos); y que todas las teorías que promueven, justifican o toleran la injusticia están equivocadas.

He tenido el privilegio de encontrarme con la dialéctica desde bastante joven, de modo que jugó un papel importante en la formación de mi sentido estético. Mientras la física se regodeaba en la simetría en el mundo de las partículas, yo sentía preferencia por la asimetría. Me deleitaba derrocando a la paridad, y el reconocimiento de que la materia y la antimateria no son imágenes en espejo, la una exactamente igual a la otra, o preguntándome qué aspecto tendrían las matemáticas si A por B no fuera igual a B por A (todavía no había conocido a las matrices).

Con frecuencia los idealistas han usado evidencia de incertidumbre y aleatoriedad para refutar el mundo racional y predecible del reduccionismo (al que se referían Marx y Engels como materialismo mecánico). La teoría cuántica, con el principio de incertidumbre, fue un golpe devastador al mecanicismo y un apoyo a la irracionalidad reinante en el mundo después del impacto de la Primera Guerra Mundial, cuando hombres blancos educados se masacraron entre sí para después volver al negocio de dividir el mundo. Un libro popular en tiempos de mi adolescencia (nací en 1930) fue *The Dice of Destiny. An Introduction to Human Heredity and Racial Variations*. (Long's College Book Co., Columbus, Ohio, 1945.), que planteaba el irrelevante argumento de que, si se mezclaban en

un recipiente una gran cantidad de moléculas diversas, no se producía un “hombre”. Se caricaturizaba al marxismo como reduccionista, y se decía que los comunistas consideraban al amor como química (la película *Ninochka* narra sobre una burócrata soviética que se salva de su propia rigidez mediante el amor verdadero con un occidental). El teorema de Gödel impactó los círculos izquierdistas de mi adolescencia provocando agudas divisiones. Por lo general, mis amigos socialdemócratas lo veían como un desastre, porque destruía la expectativa de que la ciencia, eventualmente, llegaría a la verdad. Pero los marxistas del grupo estábamos felices. Lo veíamos como la demostración de la ubicuidad de la contradicción, incluso al interior de las estructuras lógicas más abstractas, y la reivindicación de la ciencia como una búsqueda sin fin. Ninguno de nosotros entendía en serio a Gödel, pero nos guiábamos por nuestras diferentes estéticas.

La irrupción del caos matemático fue otro episodio de ese tipo. Una vez más, los socialistas liberales lo vieron como la refutación de la arrogante certeza en la predicción del futuro que les atribuían a los marxistas. Pero para nosotros era casi orgásmico, la afirmación que, si no todos los procesos llegan eventualmente a un estado de equilibrio o a una oscilación periódica, entonces se abría para nosotros todo un mundo nuevo de cosas por explorar. Mi propio trabajo matemático se desplazó entonces hacia la exploración de los transitorios de los procesos en su camino hacia lo “eventual”.

La dialéctica también transformó a los procesos en espectáculos de gran belleza, mucho más que la estabilidad. Nunca me ha interesado una vida eterna después de la muerte, y no pude compartir sentimientos con esos poetas para quienes las imágenes de amor inmortal eran como cerros inamovibles o mares eternos. Mi sentimiento estético se emocionaba con las labores de la erosión y los movimientos de la corteza terrestre, los momentos de despertar político, las extinciones y los surgimientos. La inmersión en esta estética llenó mis noches insomnes y dirigió mi investigación y mi política, siempre adoptando la visión de largo plazo y alimentando mis dudas de que la victoria pudiera estar próxima. Siendo descendiente de cinco generaciones de subversivos, nunca esperé el remedio rápido ni impuse expectativas utópicas a las victorias. Nuestra tarea es corregir un camino que ha tomado un desvío de 40,000 generaciones a través sociedades de clases destructivas, que dejan pendiente la pregunta: ¿somos en realidad una especie sucesional que le está desbrozando el camino a su propio reemplazante? Más bien, veo una lucha, frecuentemente decepcionante y frustrante, que me ha dado una vida que es intelectualmente estimulante, estéticamente energizante, y éticamente comprometida en luchas consistentes con mis valores más profundos y tendiendo a una sociedad que juega un papel de apoyo a nuestro ecosistema, donde tiene sentido ser amable, y juntándome con la gente que amo. **Id**

Kim Sterelny\*

## The Evolved Apprentice

How Evolution Made Humans Unique

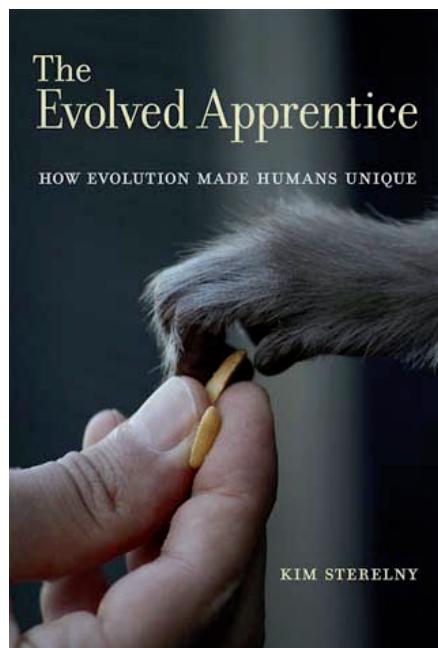
Ivonne Kuri\*\*

EL PENSAMIENTO EVOLUTIVO que se instauró en el siglo XIX constituyó una de las revoluciones científicas más importantes para el ser humano. No sólo lo despojó de su lugar privilegiado en la naturaleza sino que lo hermanó a los demás seres vivientes de la Tierra. A partir de entonces, los intentos por explicar la evolución de *Homo sapiens* no han cesado.

Las propuestas para explicar la historia natural de nuestra especie han formado parte de diversos programas de investigación que han salido a la luz desde hace más de un siglo, aunque en la mayoría de los casos se han visto constreñidos a unas cuantas ideas.

Este libro es una obra que forma parte del nacimiento de un nuevo discurso que apuesta por centrar la atención en las particularidades, como la paradójica singularidad de nuestra especie en la entramada filogenia de la vida.

Para sostener su argumentación, Kim



215

***The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique.*** Sterelny, Kim.

Cambridge, MA: MIT Press, 2012, 264 pp.

\* Kim Sterelny es un filósofo australiano adscrito actualmente en la Australian National University y en Victoria University of Wellington. Ha sido profesor visitante en la Universidad Simon Fraser en Canadá, y en Cal Tech y la Universidad de Maryland, College Park, en EEUU. Sus principales intereses de investigación son la filosofía de la biología, filosofía de la psicología y la filosofía de la mente. Es el autor de la teoría representacional de la mente y el co-autor de *Lenguaje y realidad* (con Michael Devitt) y *Sex and Death: Una introducción a la filosofía de la biología* (con Paul Griffiths). Es miembro de la Academia Australiana de las Humanidades. Actualmente es considerado uno de los principales filósofos de la biología.

\*\* Profesora de asignatura A. Departamento de Biología Evolutiva. Correo electrónico: ikuri82@gmail.com.

Sterelny no sólo presentará sus hipótesis a lo largo del libro, sino que confrontará sus ideas frente a algunas explicaciones dogmáticas que han ido ganando terreno a lo largo de poco más de medio siglo. Además, presentará un vasto conjunto de evidencias de diversa índole: antropológicas, paleoantropológicas, etológicas, cognitivas, etnográficas, biológicas, etc., constituyendo un argumento completo, complejo e innovador que apuesta por una mirada totalizadora de la evolución humana.

Para comenzar la reseña del libro, expondré brevemente algunas de las premisas sostenidas por Sterelny, quien argumenta que la singularidad humana puede entenderse si nos centramos en explicar las características distintivas de la vida social humana y algunas de las capacidades cognitivas que sostienen dicha vida.

De acuerdo con el punto de vista de esta lectora, las ideas principales (e interrelacionadas) del libro podrían resumirse en las siguientes premisas:

- i. El aprendizaje cultural o social<sup>1</sup> tuvo un papel especial y preponderante en la evolución humana (174).
- ii. Las capacidades cognitivas que están intrínsecamente relacionadas a la singularidad humana, no anteceden al surgimiento de la cultura (197).
- iii. Los homínidos divergieron en gran medida de los otros grandes simios en relación con sus capacidades para el aprendizaje social y con los mecanismos evolutivos que explican su singularidad fenotípica (173).

En los siguientes párrafos, se explicarán brevemente cada una de estas premisas, haciendo hincapié en el enfrentamiento argumentativo que se debate frente a hipótesis clásicas relacionadas. Así mismo se presentarán algunos ejemplos mencionados por el autor, que son utilizados como evidencias a favor de la tesis central del libro.

### ***El aprendizaje cultural o social***

Las hipótesis clásicas sobre la historia filogenética de la especie han girado en torno a dos conjuntos bien diferenciados de explicaciones. Por un lado, se encuentran las propuestas arquitecturales a las que pertenecen paradigmáticamente las tesis sobre la modularidad cognitiva que se hicieron famosas con el repunte de la psicología evolutiva.

Por otro lado, encontramos los modelos tradicionales de las hipótesis selectivas (como la de Robin Dunbar 2003 y Herbert Sperber 1996) que se han enfocado en explicar el desarrollo de las habilidades que dirigen a las conductas cooperativas con beneficios individuales.

Por ejemplo, la tesis de Dunbar señala que *Homo sapiens* fue sometido a fuerzas de selección más intensas que las experimentadas por otros homínidos, siendo la razón de esto las fuertes interacciones sociales sostenidas por nuestra especie. En dicho sentido, aquellos individuos de la especie que eran capaces de formar relaciones de cooperación aumentaban su adecuación y dejaban más descendientes. Esta hipótesis sostiene que la vida social somete

<sup>1</sup> Sterelny utiliza sinónimicamente las nociones de aprendizaje cultura y aprendizaje social (xiv).

a presiones de selección a las capacidades cognitivas y es este desarrollo cognitivo el que permite la construcción de una vida social más compleja y demandante.

Si bien la propuesta de Dunbar es un avance en las explicaciones en torno a la singularidad humana que incluye como factor clave las interacciones sociales, Sterelny sostiene que sigue siendo una defensa colectiva de la modularidad que ignora o deja de lado el desarrollo de los mecanismos de cooperación.

A diferencia de estas propuestas (tanto clásicas como contemporáneas), Kim Sterelny nos ofrece un modelo que busca explicar el origen y el singular papel del aprendizaje social en la evolución de *Homo sapiens*.

El autor explora una propuesta que explica la sinergia coevolutiva entre el aprendizaje organizado socialmente y las adaptaciones cognitivas individuales, enmarcada en el contexto de la teoría de construcción de nicho.

Su modelo de aprendizaje (*Apprentice learning model*, 34-44) se fundamenta en la idea de que los homínidos son producto de diversos mecanismos de herencia, como lo proponen los emergentes modelos evolutivos llamados post neodarwinistas.<sup>2</sup> Este modelo se caracteriza, entre otras cosas, por defender el supuesto de que el aprendizaje social precede a las adaptaciones cognitivas para dicho aprendizaje, aunque

exista una intrínseca relación entre ambas (25).

Además, sostiene que el aprendizaje de esta clase es híbrido e incluye tanto el aprendizaje de prácticas culturalmente compartidas, como el aprendizaje individual por ensayo y error.

Sterelny sostiene que el aprendizaje social interactúa positivamente con otras formas de cooperación (por ejemplo, la transmisión de la información a través del desarrollo de nuevos canales para la preservación del capital cognitivo, la cooperación ecológica, la cooperación reproductiva, entre otras) que junto con las distintas capacidades cognitivas le permitió a los homínidos penetrar en nuevas regiones y hábitats y a su vez desarrollar nuevas adaptaciones cognitivas. Esto constituirá una relación de retroalimentación constante y gradual en nuestra especie, sugiriendo que en realidad *Homo sapiens* se caracteriza por su plasticidad fenotípica (25) permitiendo que se desarrolle de manera diferente en distintos ambientes.

### ***Sistema de retroalimentación coevolutivo***

De acuerdo con las explicaciones típicas de la psicología evolutiva, la singularidad de la cognición humana dependió del desarrollo de adaptaciones específicas para la solución de tareas que se presentaron

<sup>2</sup> Los modelos post-neodarwinistas se resumen, de acuerdo con Agustín Fuentes (2009), en tres: la Teoría de Construcción de Nicho propuesta originalmente por F. John Odling-Smee, Kevin Laland y Marcus Feldman en 2003; la Teoría de Sistemas en Desarrollo cuya principal exponente es Susan Oyama (2000); y la Teoría de la Evolución en cuatro Dimensiones propuesta en 2005 por Eva Jablonka y Marion Lamb. (Ver en este número de *INTERdisciplina* el artículo de Emily Shultz en la página 131).

originalmente en un determinado periodo de la evolución de la especie, consolidando así los módulos mentales (2).

Este tipo de tesis de corte panadaptacionista ha sido fuertemente criticada, y si bien Sterelny no pretende sumar una crítica más a la vasta lista acumulada, sugiere que es mucho más acertado pensar en el comportamiento moderno como un efecto favorable de un sistema de retroalimentación coevolutivo entre las capacidades cognitivas individuales, la conducta y las capacidades sociales. En dicho sentido, la historia de la evolución humana no debe ni puede entenderse como la evolución de las especializaciones de módulos mentales estructurados de manera innata en un momento clave de la evolución.

El modelo de Sterelny apuesta por despojar a las capacidades cognitivas de su prioridad ontológica en el papel evolutivo y ceñirlas en un modelo de selección a diversos niveles. En dicho sentido, el autor sugiere que, si bien éstas tienen una relevancia importante en el proceso de hominización, lo que se seleccionó fueron grupos definidos culturalmente (xiii).

Como ejemplo paradigmático, se nos presenta la hipótesis de la extinción de *Homo neanderthalensis*. Diversas evidencias paleoantropológicas sugieren que tanto *Homo sapiens* como *Homo neanderthalensis* pervivieron por un periodo de tiempo considerable; sin embargo, ¿cuál fue la razón de la extinción de estos últimos y la supervivencia de nuestra especie?

Las principales hipótesis (lideradas principalmente por O'Connell 2006, Steven Mithen 2006 y Philip Lieberman 1998) sostienen que el desplazamiento de los nean-

dertales por *Homo sapiens* puede explicarse en relación con las diferencias cognitivas entre estos dos grupos (por ejemplo, la capacidad para el lenguaje de nuestra especie carente en el otro grupo, superioridad en la capacidad para integrar información, capacidades superiores para la innovación, y capacidades superiores con relación a la memoria de trabajo (63).

Sin embargo, de acuerdo con Sterelny, no hay evidencia suficiente que sostenga que las diferencias cognitivas entre ambos grupos sean lo suficientemente relevantes como para adjudicarle a esto la extinción de aquéllos y nuestra presumible sobrevivencia.

En lugar de ponderar la superioridad cognitiva de nuestra especie, el autor sugiere que consideremos lo siguiente: por un lado, no hay evidencia contundente sobre la supuesta exclusión competitiva de neandertales por sapiens, de tal manera que la explicación de su extinción no puede sujetarse a las diferencias cognitivas entre estos grupos (70). Por otra parte, se cuenta con evidencia suficiente para sostener que *Homo neanderthalensis* era un grupo altamente adaptado biológicamente y culturalmente a condiciones climáticas de extrema baja temperatura (63).

Estas dos consideraciones, sugieren la siguiente explicación de su extinción: la retroalimentación negativa entre su demografía y el ambiente, independientemente de las prácticas biológicas y culturales de *Homo sapiens*.

De acuerdo con Sterelny, las prácticas culturales de los neandertales los llevaron a ponderar la vida en los refugios, esto aunado a las presiones del cambio climático

mermaron el número de individuos de esta población. Siguiendo la propuesta del autor, las adaptaciones basadas en la socialidad están altamente relacionadas al tamaño poblacional, de tal manera que al verse disminuido el número de individuos del grupo, las prácticas culturales encargadas de la acumulación, preservación y transmisión intergeneracional de las capacidades cognitivas se vieron fuertemente afectadas (64-71).

Este ejemplo controversial, resalta la importancia de la selección de grupos socialmente organizados en la continuidad de su historia filogenética. Un ejemplo más que nos presenta el autor en esta misma línea de argumentación es el referido modelo paralelista de la cognición moral (153-155).

De acuerdo con Hauser 2006, Dwyer 2006 y Mikhail 2007, la capacidad para la emisión de juicios morales en *Homo sapiens* puede ser entendida como una estructura cognitiva paralela a la del lenguaje, tanto en su desarrollo como en su operación.

Sterelny argumenta que este modelo es erróneo porque los juicios morales y el lenguaje operan de manera distinta en relación con el acceso cognitivo que tenemos de éstos. Mientras el acceso introspectivo al lenguaje es, en el mejor de los casos limitado, los juicios morales dependen en su totalidad de la percatación autoreflexiva de dichos juicios.

Si bien el autor está de acuerdo en que las capacidades para la cognición moral tienen una base indiscutiblemente biológica, desarrolla un modelo alternativo fundamentado en el modelo de aprendizaje por experticia. En éste, sostiene que nuestras

capacidades para la cognición moral son adquiridas a través de la interacción coevolutiva entre las adaptaciones cognitivas individuales y el medio de aprendizaje cultural o socialmente organizado (167).

### *¿Por qué los homínidos divergieron de los otros grandes simios?*

Uno de los grandes problemas a los que se ha enfrentado el estudio de la evolución humana es la llamada: *the sapient paradox* explicitada por Colin Renfrew en 1996. En pocas palabras, refiere que, si bien *Homo sapiens* se estableció como especie biológica hace aproximadamente 200,000 años, los aspectos conductuales relacionados a la presumible sapiencia del humano, emergieron (según los registros arqueológicos y paleoantropológicos) hace no más de 60,000 años. Desde entonces, la conducta y cognición de la especie parecen haberse transformado considerablemente. Esto constituye una paradoja, porque si bien reconocemos a los grupos de *Homo sapiens* de hace 200,000 y 50,000 años como la misma especie, existen diferencias considerables entre aquellos y el moderno grupo humano.

Otra consideración relevante es que la paradoja en sí misma parece ser un rasgo propio de nuestra especie, pues no se cuenta con evidencia suficiente que demuestre que algún otro linaje de homínidos se haya transformado de la misma manera que nuestra especie.

Las respuestas que se han formulado para solucionar esta intrigante paradoja han sido de diversa índole; sin embargo, podrían resumirse en los dos conjuntos mencionados anteriormente (hipótesis arquitecturales e hipótesis selectivas).

La propuesta de Sterelny encuentra su veta innovadora en introducir la importancia de los diferentes mecanismos evolutivos en la historia filogenética de la especie; sin embargo, va un poco más allá, al sostener que es la relación entre estos mecanismos de herencia lo que debe ponderarse en las explicaciones, y que sólo así podremos encontrar las respuestas a diversas e intrigantes paradojas de la evolución.

Como ejemplo sustancial, nos presenta la comparación clásica e innegable entre nuestros parientes vivos más cercanos, los chimpancés. Las hipótesis evolutivas clásicas sostienen que si bien existe un continuo filogenético entre *Homo sapiens* y los chimpancés, sus diferencias serán únicamente de grado, como el mismo Darwin puntualizó en la siguiente afamada cita: "...no obstante, la diferencia en la mente entre el ser humano y los animales superiores, aun cuando es grande, es una diferencia de grado, no de clase" (Darwin 1871, 105).

Si bien los chimpancés presentan, de la misma manera que nosotros, aprendizaje social, Sterelny nos sugiere que las diferencias apremiantes son las cualitativas y no las cuantitativas. Por ejemplo, las tradiciones conductuales de aquellos homínidos derivadas de su estructura social, no cuenta con alta fidelidad transgeneracional ni es transformativa: su aprendizaje es principalmente individual (prueba y error) mientras que nuestro grupo presenta un aprendizaje primordialmente híbrido. Así mismo, presentamos diferencias sustanciales en cuanto al impacto en la transformación del ambiente, los sistemas de reciprocidad, la plasticidad fenotípica, entre

otras cualidades (173-197).

El extenso análisis que lleva a cabo el autor lo lleva a sostener que en realidad somos una especie paradigmáticamente constructora de nichos, pues los infantes heredan un conjunto de herramientas cognitivas y materiales de sus padres y no solamente sus genes (175), y es en esta variación de sistemas de herencia donde se encuentran las diferencias cualitativas de las especies. Ya que, si bien el modelo de construcción de nicho puede ser aplicado a todas las especies, las relaciones y resultantes serán diversas y distintas.

Estas tres premisas que el autor fundamenta a lo largo del libro, permiten consolidar el argumento final: *Homo sapiens* se diferencia de los demás homínidos por los mecanismos evolutivos que explican la singularidad de la especie.

Este argumento es, sin lugar a dudas, una propuesta evolutiva totalizadora, que apuesta por la pluralidad de los mecanismos evolutivos que dan paso a la complejidad no sólo de nuestra especie sino de todas las demás.

En dicho sentido, entendemos que la historia evolutiva de cada una de las especies que habitan y han habitado el planeta es única e impredecible y que además está constreñida por diversos mecanismos evolutivos, echando para abajo los imperios reduccionistas, panadaptacionistas y deterministas que han reinado durante mucho tiempo en el pensamiento evolutivo.

La evolución de las especies es compleja y debe ser explicada, como nos presenta Sterelny, por diversos mecanismos que incluyan no sólo la adaptación por variación y selección natural, sino también la

selección a distintos niveles de organización (178), exaptaciones (123), procesos coevolutivos, cognición extendida, evolución cultural<sup>3</sup> (31, 176), sistemas en desarrollo, etcétera.

Kim Sterelny, nos muestra con este ejemplar libro que el misterio sobre qué nos hace humanos, puede encontrar su respuesta en las complejas relaciones de la pluralidad evolutiva que ha dado paso a nuestra especie. □

## Referencias

- Darwin, C. *The Descent of Man*. Nueva York: Prometheus Books, 1998 [1871].
- Dunbar, R. «The Origin and Subsequent Evolution of Language». En *Language Evolution: The States of the Art*, editado por M.H. Christiansen y S. Kirby. Oxford University Press, 2003.
- Dwyer, S. «How Good is the Linguistic Analogy?» En *The Innate Mind: Culture and Cognition*, editado por Peter Carruthers, Stephen Laurence y Stephen Stich, 237-256. Nueva York: Oxford University Press, 2006.
- Fuentes, A. A new synthesis: resituating approaches to the evolution of human behavior. *Anthropology Today* 25, (2009): 12-17.
- Hauser, M. D. *Moral Minds: How Nature Designed Our Universal Sense of Right and Wrong*, 489, Nueva York, Ecco, 2006.
- Jablonka, E. y Lamb M. J. *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral and Cultural*. Cambridge MA: MIT Press, 2005.
- Lieberman, P. *Eve Spoke: Human Language and Human Evolution*, 192. Nueva York y Londres: W.W. Norton & Company, 1998.
- Mikhail, J. «Universal moral grammar: theory, evidence and the future.» *Trends in Cognitive Sciences* 11(4) (2007): 143-152.
- Mithen, S. J. Overview and response to reviewers of *The Singing Neanderthals*

<sup>3</sup> Es importante destacar que la evolución cultural a la que hace referencia Sterelny está enmarcada en la teoría de evolución en cuatro dimensiones. Esto permite ampliar aún más el panorama pluralista sobre los diferentes sistemas de herencia a considerar en la evolución de *Homo sapiens*.

- Cambridge Archaeological Journal* 16 (2006): 97-112.
- Mithen, S. J. *The evolution of social information transmission in Homo in Social Information Transmission and Human Biology Wells*. Editado por J.C.K. Strickland y S.S. Laland, 151-170. Londres: CRC Press, 2006.
- O'Connell, James F. «How did modern humans displace Neanderthals? Insights from hunter-gatherer ethnography and archaeology.» En *Neanderthals and modern humans meet?*, editado por N. Conardm 43-64. Tubingen: Kerns Verlag, 2006.
- Odling-Smee, F. J., K. N. Laland y M. W. Feldman. *Niche construction: The neglected process in evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- Oyama, S., P. E. Griffiths y R. D. Gray. *Cycles of contingency: Developmental systems and evolution*. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- Renfrew, C. «The sapient behaviour paradox: how to test for potential?» En *Modelling the early human mind*, editado por P. Mellars y K. Gibson, 11-15. Cambridge, Reino Unido: McDonald Institute, 1996.
- Sperber, D. *Explaining culture: a naturalistic approach*, 175. Reino Unido, Editorial Oxford, Blackwell, 1996.

Claudio Martínez,\* Bianca Vienni,\* Paula Cruz y Lorena Repetto\*

## ***Espacio Interdisciplinario: convergencia entre integralidad e interdisciplina***

**Resumen** | El presente artículo aporta elementos para la reflexión en torno a dos grandes temáticas: la interdisciplina y la integralidad en la Universidad de la República (Udelar). Ambos ejes representan campos de trabajo muy prolíficos que se encuentran en discusión en diversos ámbitos académicos, compartiendo además su origen: la Segunda Reforma Universitaria, que se está implementando en la Udelar desde 2007. El objetivo de este trabajo consiste en presentar algunos puntos de encuentro entre ambos ejes que permitan tender puentes y colaboren con su consolidación, dejando así planteado el comienzo de un espacio de reflexión. ¿Qué implicancias tienen estos conceptos? ¿Qué puede aportar la Udelar para su definición? ¿Cómo convergen la interdisciplina y la integralidad? Éstas y otras preguntas serán abordadas en el presente artículo a partir de un análisis cualitativo y un estudio de caso de los Espacios de Formación Integrales del año 2013.

223

### ***Interdisciplinary Space: convergence of integrality and interdiscipline***

**Abstract** | This article provides material for reflection on two major issues: interdiscipline and integrality at the University of the (Uruguayan) Republic (Udelar). Both thematic axes represent fields of work that are under active discussion in various academic spheres, having emerged from a common source: the Second University Reform, which is being enacted at Udelar since 2007. The objective of this paper is to present some points of convergence between both axes, which may enable the establishment of bridges and contribute towards the consolidation of both issues, thus providing a point of departure for reflection. What are the implications of these concepts? What can Udelar contribute towards their definition? How do interdiscipline and integrality converge? These and other questions will be approached in this article by means of a qualitative analysis and a case study of the 2013 Interdisciplinary Space.

**Palabras clave** | interdisciplina – integralidad – extensión – Reforma Universitaria – Universidad de la República (Uruguay)

**Keywords** | interdiscipline – integrality – extension – University Reform – University of the (Uruguayan) Republic.

---

\* Universidad de la República Uruguay. Correo electrónico: clau@fcien.edu.uy

## Introducción

EL PRESENTE ARTÍCULO aporta elementos para la reflexión en torno a dos grandes temáticas universitarias: la interdisciplina y la integralidad. Para comenzar, cabe realizar dos puntualizaciones, ambos ejes representan campos de trabajo muy prolíficos que se encuentran en discusión en diversos ámbitos de la Universidad de la República (Udelar, Uruguay) en la actualidad. Por tal razón, el objetivo de este trabajo es presentar algunos puntos de encuentro entre ambos ejes que permitan tender puentes y colaboren con su consolidación, dejando así planteado el comienzo de un espacio de reflexión.

Al igual que la creación del Espacio Interdisciplinario (EI),<sup>1</sup> la curricularización de la extensión y el fomento de las prácticas integrales forman parte de la Segunda Reforma Universitaria<sup>2</sup> y, por ello, presentan congruencias en el tiempo y en su espíritu. Entonces, ¿qué implicancias tienen estos conceptos?, ¿qué puede aportar la Udelar para su definición?, ¿cómo convergen la interdisciplina y la integralidad? Ambas pueden colaborar con una formación universitaria que consolide individuos con mayor capacidad de afrontar creativamente problemas nuevos con un compromiso social más profundo.

La integralidad, entendida como articulación de las tres funciones universitarias (investigación, enseñanza y extensión) establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad (Diario Oficial 1958), y la interdisciplina presentan algunos puntos de contacto. En este sentido, las prácticas integrales y las interdisciplinarias requieren de la participación activa de los actores involucrados, poniendo en juego sus saberes en una dinámica basada en el abordaje integral de las diferentes temáticas. El foco del aprendizaje debe ponerse en los procesos y en el diálogo entre personas de formaciones diversas, de diferentes disciplinas, universitarias y extra-universitarias, que transiten juntos un proceso en el cual se trabaje sobre un problema de interés común. En este contexto, asumimos que el EI tiene un rol muy importante en tanto espacio transversal a la estructura académica que convoca a sus equipos a desarrollar las tres funciones universitarias.

En suma, este artículo se estructura de la siguiente manera: en la primera parte se presentan los conceptos de integralidad e interdisciplina, en tanto herramientas contemporáneas instrumentadas por la Universidad de la República para su transformación. En segundo lugar, se ensaya una mirada desde el EI a los Espacios de Formación Integral (EFI) 2013 motivados por su potencial carácter interdisciplinario; se describen sus principales características y se aborda la

<sup>1</sup> La historia, actividades y programas del Espacio Interdisciplinario se puede consultar en: (Universidad de la República Uruguay 2008).

<sup>2</sup> Para información sobre la Segunda Reforma Universitaria véase: (Universidad de la República Uruguay 2014).

experiencia de uno de ellos. Finalmente, y a modo de reflexiones finales, se presentan algunos puntos de encuentro entre las prácticas interdisciplinarias y las integrales, en función del recorrido realizado.

## **Integralidad e interdisciplina en la segunda reforma universitaria**

Existen en la Udelar diferentes puntos de vista sobre lo que es y debe ser la integralidad (Arocena 2008), así como sucede con la interdisciplina. Estos acuerdos y desacuerdos implican cuestiones epistemológicas y normativas sobre estos conceptos, lo que requiere de una constante reflexión sobre las definiciones y conceptos que se utilizan. Sin embargo, lo anterior no elude la posibilidad de contar con acuerdos mínimos que sean construidos colectivamente en marcos debatidos y consensuados.

Impulsada en el año 2007 por el actual equipo rectoral, la Segunda Reforma Universitaria ha implicado una serie de estrategias con el objetivo de avanzar en la generalización de la educación superior y en la transformación de la estructura académica universitaria (Universidad de la República Uruguay 2014) en el Uruguay. En este marco, surge el Espacio Interdisciplinario y el fomento de la integralidad a través de la curricularización de la extensión, de la mano del Servicio Central de Extensión y Actividades en el Medio (SCEAM, Udelar). Esto conlleva afrontar los desafíos de la integración de funciones buscando la calidad dentro de la Universidad, integrando esfuerzos disciplinarios y tendiendo a una mayor horizontalidad. El impacto de estas estrategias se valora por la amplitud de su alcance en tanto que la Udelar es la única Universidad pública del Estado uruguayo.

### *El Espacio Interdisciplinario y la interdisciplina en la Udelar*

En el año 2008 se crea el Espacio Interdisciplinario, pensado como un servicio universitario conformado por estructuras interconectadas con identidad propia para facilitar, promover y legitimar abordajes innovadores para problemas complejos y multidimensionales. Se trata de un espacio físico, pero también de un entorno conceptual que se pretende transversal a toda la estructura universitaria.

Los lineamientos del EI funcionan como grandes ejes desde los que se busca integrar las prácticas interdisciplinarias con un espíritu plural. Entre ellos cabe mencionar: la legitimación académica reflejada en formas institucionales específicas, y el esfuerzo por evitar la competencia entre lo disciplinario y el desarrollo interdisciplinario, con una consecuente transformación de los criterios de evaluación académica. Se apunta a fomentar la flexibilidad y servir de puerta de entrada a la sociedad para colaborar con la construcción de agendas derivadas de demandas concretas.

En sus primeros cinco años de actividad, el EI elaboró y afianzó algunas líneas para la promoción de la interdisciplina en la Universidad, y la creación de nuevas instancias dinamizadoras (convocatorias a núcleos y centros interdisciplinarios, redes temáticas, publicaciones y eventos interdisciplinarios, proyectos para fomentar la investigación de los estudiantes de grado, entre otras), además de conformar equipos académicos activos que impulsaran dicho avance. Es así que, a su amparo, estos colectivos han venido trabajando con diferentes aproximaciones, estrategias y trayectorias para abordar sus problemas de estudio. En este sentido, el EI desarrolla una reflexión sobre el trabajo interdisciplinario a partir de diversas experiencias en investigación, enseñanza y extensión como medio para potenciar el relacionamiento entre las disciplinas.

### *Interdisciplina y disciplinas*

No es posible referir a la interdisciplina sin mencionar a las disciplinas y las prácticas disciplinarias (Lattuca 2001; Repko 2008; Repko, Newell y Szostak 2011). Dependiendo de las disciplinas de las que provengan los actores, de sus objetos de investigación y de sus características personales y/o grupales, en la Udelar se registran diferentes percepciones sobre la disciplinariedad e interdisciplinariedad y los vínculos entre ambas esferas (Cruz *et al.* 2012).

Tanto las prácticas interdisciplinarias como las integrales, requieren del diálogo entre disciplinas. Dicho diálogo entre docentes, investigadores<sup>3</sup> y otras instituciones y organizaciones sociales, debe ser co-construido, tal como se constata en el análisis de los Espacios de Formación Integral de la Udelar que se detalla en el apartado siguiente.

En un trabajo anterior,<sup>4</sup> los investigadores entrevistados de la Udelar reflexionaron sobre el vínculo entre lo disciplinario y lo interdisciplinario. En algunos casos, argumentaron que la solidez disciplinaria es una condición *sine qua non* de las prácticas interdisciplinarias. La interdisciplina es un camino de ida y de vuelta en el que la integración se da por momentos y, en este sentido, se constituye en un intercambio más específico. Estas dinámicas<sup>5</sup> se asemejan a un péndulo que

<sup>3</sup> Cuando utilizamos el término docente, para el caso de la Udelar, referimos simultáneamente a la función de investigador que éste desarrolla y viceversa.

<sup>4</sup> Durante 2010 y 2011 se realizaron entrevistas a los responsables de los núcleos y centros interdisciplinarios financiados por el EI, en el marco de una investigación llevada adelante por la Unidad Académica del EI sobre la situación de la interdisciplina en la Universidad de la República (Cruz *et al.* 2012; Cruz, Repetto y Vienni 2013).

<sup>5</sup> El concepto de dinámicas surge de la investigación realizada por la Unidad Académica del EI (Cruz *et al.* 2012; Cruz, Repetto y Vienni 2013) como forma de ilustrar los vínculos entre los conceptos y las prácticas disciplinarias e interdisciplinarias. Así fueron definidas dinámicas pendulares, cíclicas, espirales o como construcción.

ilustra el movimiento entre ambas dimensiones. Cada disciplina produce sobre su especialidad y el control de ese producto se encuentra dado por sus integrantes. La disciplina proporciona cierta comodidad y una sensación de territorio conocido que se pone en cuestión en el paisaje interdisciplinario.

En otro tipo de dinámicas, la relación disciplina-interdisciplina se percibe como cíclica, es decir, en una investigación se transita por momentos disciplinarios e interdisciplinarios sin perder la autonomía de los actores involucrados. Las disciplinas siguen siendo parte fundamental del proceso y se prevén instancias de intercambio y de definición en común como parte constitutiva del proceso.

Por otro lado, las prácticas interdisciplinarias pueden llegar a suponer un itinerario que implica un proceso de síntesis; mientras se avanza se generan nuevos saberes y nuevas prácticas. En ellos siempre se retorna al mismo lugar, pero desde un nivel superior, lo que supone un proceso de crecimiento en forma de espiral ascendente (Cruz *et al.* 2012).

Por último, algunos docentes del Espacio Interdisciplinario se refirieron a la noción de construcción de lo interdisciplinario como un proceso permanente que tiene como punto de partida a los saberes disciplinarios, pero que los trasciende y por ello construye algo nuevo. En este tipo de dinámicas se profundiza en el camino interdisciplinario en tanto se da algo nuevo, un nuevo saber, una nueva forma de concebir el problema y de abordarlo. Asimismo, esto se vincula con la construcción de un lenguaje común, de conceptos inteligibles para todas las disciplinas involucradas, de saberes compartidos y en permanente construcción.

Estas dinámicas conllevan dificultades asociadas al quehacer interdisciplinario que, si bien son compartidas en procesos disciplinarios, revisten ciertas especificidades que, como veremos, también se verifican en los procesos de construcción y promoción de la integralidad en la Universidad de la República.

### *Integralidad en la Udelar*

Como ya adelantamos, la integralidad implica la articulación de las tres funciones universitarias. Las prácticas integrales “son aquellas que articulan al mismo tiempo aproximaciones interdisciplinarias y actividades de enseñanza, aprendizaje, investigación, extensión y actividades en el medio” (Rectorado 2010, 19).

La promoción y fortalecimiento de las prácticas integrales en la Universidad de la República han venido de la mano del proceso de curricularización de la extensión. Esto de alguna manera se encuentra ligado a que la extensión ha sido el pilar más débil de las funciones universitarias<sup>6</sup> y, por ello, la función que ha

<sup>6</sup> “(...) pese a grandes esfuerzos de no poca gente durante largo tiempo, el papel real de la extensión en la vida de las universidades públicas latinoamericanas no ha dejado de ser comparativamente menor” (Arocena 2011: 10).

requerido de un apoyo más firme y sostenido en términos de política universitaria en los últimos tiempos. En este sentido, de algunos grupos interdisciplinarios ha surgido que la escasez de recursos humanos y económicos se presenta como un obstáculo para el desarrollo de la extensión universitaria. Los investigadores enfatizaron que se realiza una valoración diferencial de las actividades de investigación, enseñanza y extensión, siendo privilegiadas las dos primeras en las instancias de evaluación académica (Cruz, Repetto y Vienni 2013). A continuación podemos ver algunas modalidades de integración de funciones en los EFI 2013 integrados por al menos dos servicios universitarios (figura 1).

*Las prácticas integrales  
“son aquellas que articulan  
al mismo tiempo aproximaciones interdisciplinarias y  
actividades de enseñanza,  
aprendizaje, investigación,  
extensión y actividades  
en el medio”*

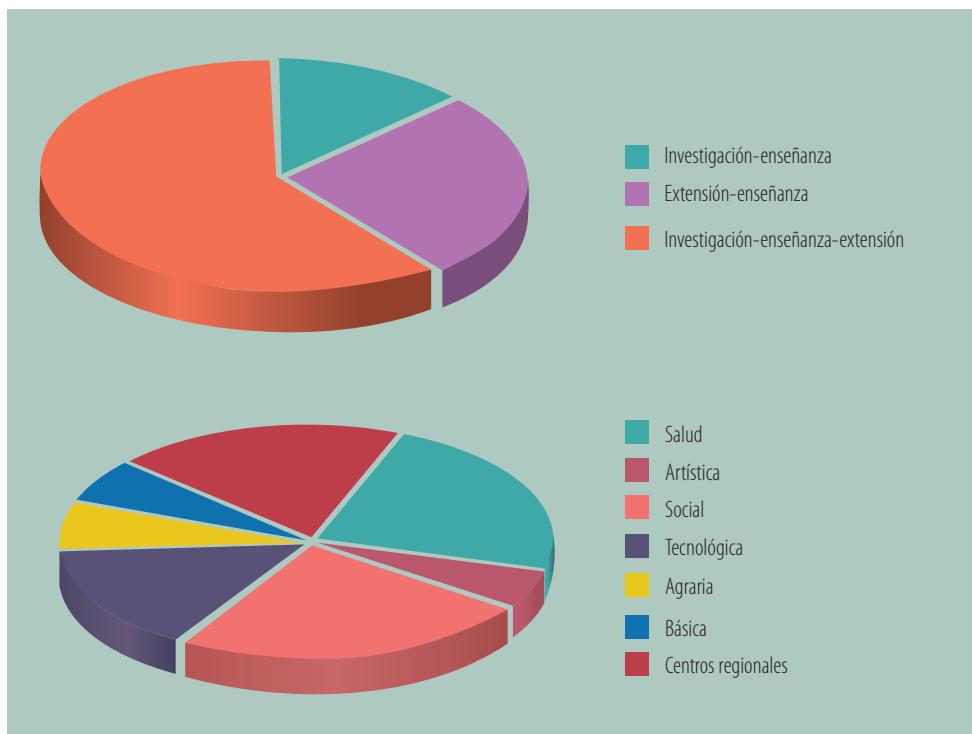
den las estructuras universitarias y finalmente suponen una readecuación con nuevos y viejos equilibrios entre funciones.

Las acciones que la Universidad ha realizado en torno a este nuevo estatus de la extensión son: la creación de Unidades de Extensión en todos los servicios y la consolidación de las ya existentes mediante la asignación de fondos centrales; el desarrollo de una Red de Extensión y de distintos programas plataforma potenciados desde SCEAM en algunos casos en conjunto con las comisiones sectoriales de Investigación y Enseñanza (Grabino y Santos 2013).

En este contexto la extensión —como tarea inherente a la integralidad— fue asumida por el EI desde sus inicios, estando presente como un aspecto a evaluarse en todos sus programas académicos. Ello se ha materializado en prácticas que responden a las particularidades de cada una de las funciones. En casos paradigmáticos, se percibe que, cuando los problemas son pensados y elaborados en conjunto con los actores territoriales: 1) el enfoque debe ser

Santos y Grabino (2013) subrayaron la importancia del documento aprobado por el Consejo Directivo Central (CDC),<sup>7</sup> que impulsa la curricularización de la extensión, colocándola “en pie de igualdad con el resto de las funciones”. (...) “la extensión y la investigación deberían ser parte de la metodología de enseñanza universitaria, lo que haría que el proceso formativo fuese integral, con un contacto directo con la realidad social, por lo tanto humanizadora” (CDC 2009 en Rectorado 2010, 16”). Declaraciones como ésta ponen en marcha mecanismos que sacuden las estructuras universitarias y finalmente suponen una readecuación con nuevos y viejos equilibrios entre funciones.

<sup>7</sup> Órgano rector de la Udelar consagrado por la Constitución de la República. Es un órgano co-gobernado por los tres órdenes que lo integran: docentes, estudiantes y egresados.



**Figura 1.** Modalidades de integración de los EFI interservicio 2013. Áreas cognitivas de los EFI interservicio 2013 que articulan las tres funciones universitarias. Fuente: elaboración propia.\*

interdisciplinario y 2) la extensión y el relacionamiento con el medio deben estar presentes. Nuevamente en palabras de Tommasino y Rodríguez (2011), la realidad es indisciplinada y, en este sentido, la intervención para su transformación debe ser necesariamente interdisciplinaria. Este diálogo, originariamente académico, debe incluir el saber popular, además de ser criticado por el mismo, y criticarlo a su vez, conformando una red de saberes que contribuya a la transformación participativa de la realidad.

En suma, “la integralidad como un espacio de preguntas recíprocas implica preguntas que la enseñanza le hace a la investigación, que la investigación le hace a la extensión, y que la extensión le realiza a cualquiera de las otras dos funciones. Asimismo, todas las funciones se formulan preguntas a sí mismas y a todas las demás” (Sutz 2011, 52). Desde esta perspectiva, el afianzamiento de

\* Todas las figuras y tablas se realizaron con base en datos aportados por el Servicio Central de Extensión y Actividades en el Medio, Udelar.

las prácticas integrales implica un proceso de reformulación de las tres funciones universitarias de acuerdo con los vínculos que desarrollen entre sí y los nuevos equilibrios y desequilibrios que tengan lugar a partir de ello.

## **Los espacios de formación integral: una aproximación exploratoria**

El proceso de incorporación de las prácticas integrales en el currículum supone considerar distintas estrategias: “la primera son los Espacios de Formación Integral (EFI), que permitirán la curricularización de este tipo de actividades a nivel de los diferentes ciclos de las carreras” (Rectorado 2010, 19).

*La integralidad como un espacio de preguntas recíprocas implica preguntas que la enseñanza le hace a la investigación, que la investigación le hace a la extensión, y que la extensión le realiza a cualquiera de las otras dos funciones*

proyectos de extensión y/o investigación, asumiendo diferentes formas de reconocimiento curricular según las características de cada servicio universitario” (Tommasino y Rodríguez 2011, 20).

Este carácter de los EFI de alguna manera nos habilitó a indagar en la dimensión interdisciplinaria de los mismos. El presente trabajo es un primer acercamiento exploratorio a estas experiencias desde una mirada interdisciplinaria. En esta búsqueda, la estrategia metodológica consistió en una aproximación cualitativa a los documentos proporcionados por SCEAM sobre los EFI desarrollados durante el año 2013. Se accedió a los informes finales de evaluación y algunas matrices de trabajo de estos colectivos y, a partir de ello, se diseñaron las dimensiones de análisis teniendo en cuenta las características de la integralidad y la interdisciplina, detalladas en los apartados anteriores. De esta forma, además de los datos de composición de cada EFI, se tomaron en cuenta las instituciones y actores sociales que en ellos participan, los servicios universitarios y áreas cognitivas que los integran, los objetivos que persiguieron y el rol que cumplió el aspecto interdisciplinario en dichas prácticas.



**Figura 2.** Nube de palabras obtenida a partir de las tres palabras clave de los EFI 2013. Fuente: elaboración propia en base a la herramienta de análisis de contenido Tagxedo.

El universo de análisis quedó conformado por 155 EFI de los diferentes servicios universitarios que trabajaron sobre las más diversas temáticas (agricultura, salud, memoria, educación, infancia, temáticas ambientales, entre otras).

En la figura 2 se destaca interdisciplina como una de las palabras clave con mayor peso relativo dentro de los documentos analizados, lo que de alguna manera sostiene nuestra hipótesis inicial sobre el potencial interdisciplinario de los EFI. Recordemos que en el año 2009 comenzó a funcionar el Espacio Interdisciplinario en la Udelar y se consolidaron las líneas de este espacio en la estructura universitaria, lo que podría estar permeando otras actividades de la Udelar, en este caso, los EFI. Si bien este análisis requiere de profundización y complementación con otras estrategias metodológicas, entendemos que puede constituir una línea posible de indagación en futuras investigaciones. Por otra parte, en la figura 2 vale destacar la presencia del concepto de extensión como aspecto central. Si bien puede resultar evidente que los grupos que son financiados por SCEAM reconocen a los EFI como la estrategia central para la consolidación de la extensión o, en palabras de Rodrigo Arocena, de la “tercera función”.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> En la Udelar existen grupos de trabajo (GT) de la Red de Extensión que abordan la formación en extensión en integralidad: GT de generación de conocimiento (Objetivos: Characterizar en forma general la producción de conocimiento en la integralidad. Definir los principales elementos constitutivos de la producción de conocimiento en la integralidad.

Los 155 Espacios de Formación Integral que funcionaron en el 2013 involucraron a más de 7000 estudiantes de grado y más de 700 docentes universitarios<sup>9</sup> en las actividades desarrolladas a lo largo de ese año. En la tabla 1 se observan las facultades y servicios que presentaron sus propuestas, aquellas integradas por más de un servicio universitario y las áreas cognitivas a las que pertenecen.

- De los 19 EFI presentados por la Facultad de Psicología sólo se contó con los datos de 6 de ellos. De esos 6 EFI, sólo 2 son interservicio.
- Los centros regionales están ubicados en distintos departamentos del interior del país: Centro Universitario de Paysandú (CUP), Centro Universitario de la Región Este (CURE), Centro Universitario de la Región Noreste (CUR y CUT) y Centro Regional Norte (RN).

En las tablas 1 y 2 podemos ver que el 40% de los EFI que funcionaron en el 2013 fueron integrados por más de un servicio universitario.<sup>10</sup> En esta línea, el carácter de interservicio implica la posibilidad de interacción entre al menos dos disciplinas, nexo que podrá ser más o menos estrecho pero que, en principio, resulta fundamental para iniciar cualquier interacción. Esto supone acuerdos en las dinámicas de trabajo, en las metodologías, en los roles de cada disciplina así como entre los lenguajes con mayor profundidad en algunos casos y menor en otros. Lo cierto es que una definición mínima de interdisciplina implica la interacción entre disciplinas diversas, entre diferentes saberes, lo que posteriormente dará lugar a distintas modalidades y estrategias para transitar hacia el territorio interdisciplinario.

Identificar las diferentes modalidades de producción de conocimiento presentes en las prácticas integrales [cómo y quiénes]. Describir qué tipo de conocimiento se ha generado en las prácticas integrales. Explorar la definición de criterios de valoración del conocimiento producido en las prácticas integrales); GT de formación (Objetivos: Líneas de trabajo para la generación de EFI. Avanzar en las posibles articulaciones entre las propuestas de formación con las que se cuenta, buscando complementariedades. Estimular la elaboración de propuestas formativas hacia la búsqueda de una “pedagogía de la integralidad”. Profundizar el trabajo en torno a las propuestas de evaluación de la formación en extensión: características, instancia de reflexión, elaboración de proyecto, entre otras, a fin de encontrar formas de evaluación que recuperen la riqueza del proceso evitando el condicionamiento de las propuestas habituales de evaluación de la enseñanza. Revisar las referencias conceptuales y bibliográficas sobre las cuales se trabaja. Generar más instancias de vínculo y coordinación con las unidades de enseñanza. Potenciar espacios comunes interservicios, sin perder el foco en la especificidad de pensar cada disciplina desde la integralidad. En el mismo se trabajan sobre las dificultades encontradas en el proceso).

9 Datos brindados por el Servicio Central de Extensión y Actividades en el Medio (Udelar).

10 Por interservicio entendemos a las propuestas que integran sus equipos por docentes y estudiantes de al menos dos facultades y/o servicios universitarios.

**Tabla 1.** Total de EFI 2013 por servicio universitario y área cognitiva.

Área	Investigación-enseñanza	Extensión-enseñanza	Investigación-enseñanza-extensión
Salud	3	10	8
Artística	0		2
Social	0	4	11
Tecnológica	2	2	5
Agraria	0		2
Básica	0	1	3
Centros Regionales	3	5	7
Total	8	22	38

Fuente: elaboración propia.

Como primer paso, trascender las estructuras académicas de las disciplinas es un desafío quizás poco ambicioso en términos teóricos pero cargado de complejidades, dificultades y oportunidades que se irán resolviendo sobre la práctica. Cada experiencia obtendrá así su singularidad, que podrá ser rescatada en su valor y puesta a la luz de la crítica para un aprendizaje colectivo.

Los EFI presentados por los centros regionales merecerían un capítulo aparte, ya que integran la Segunda Reforma Universitaria: la descentralización de la Educación Superior, que supone estrategias para diversificar la oferta educativa en la Udelar, concentrada históricamente en Montevideo, la capital del país. Las experiencias de los EFI de los centros regionales implican una mayor interacción entre las diferentes ofertas de grado, ya que en ellos se encuentran presentes carreras pertenecientes a todas las facultades y áreas cognitivas. A priori podríamos pensar que son procesos más interdisciplinarios o pluridisciplinarios, pero sería necesario profundizar el análisis para arriesgar conclusiones más certeras. A los efectos del presente trabajo, los EFI de los centros regionales fueron clasificados como interservicio, a riesgo de simplificar por demás estas experiencias (tabla 2).

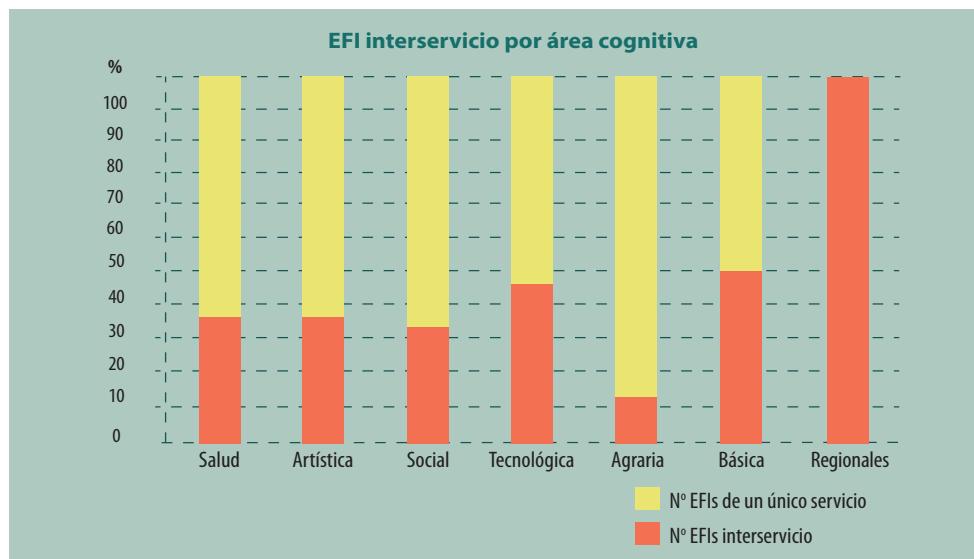
En la figura 3 se observan algunas de las interacciones entre áreas cognitivas de los EFI 2013 integrados por al menos dos servicios universitarios diferentes. De esta manera se puede apreciar el nivel de interacción entre áreas por cada esfera cognitiva (en porcentaje). Vemos así, por ejemplo, cómo el área social es la más representada en todos los niveles de interacción. En futuros análisis se podría abordar la dimensión cualitativa de ese vínculo, es decir, cómo se integra el área social a los equipos de trabajo de las otras áreas. A continuación nos introducimos en la experiencia de un EFI en particular.

### *UTU sustentable: la experiencia de un EFI*

De los Espacios de Formación Integral que cumplían con la condición de ser

**Tabla 2.** EFI interservicio por área cognitiva. Fuente: elaboración propia.

<i>Servicio / Área</i>	<i>Nº total Efis</i>	<i>Efis Interservicio</i>
<i>Salud</i>		
Medicina	14	10
ISEF (Educación Física)	12	6
Enfermería	12	4
Odontología	2	0
Psicología	19	2
Subtotal Área Salud	59	22
<i>Artística</i>		
Música	5	2
Bellas Artes	3	1
Subtotal Área Artística	8	3
<i>Social</i>		
Información y Comunicación	12	4
Economía	5	0
Derecho	1	sin dato
Humanidades	11	4
Ciencias Sociales	10	5
Subtotal Área Social	39	13
<i>Tecnológica</i>		
Arquitectura	11	5
Ingeniería	4	2
Subtotal Área tecnológica	15	7
<i>Agraria</i>		
Agronomía	8	2
Veterinaria	8	sin dato
Subtotal Área Agraria	16	2
<i>Básica</i>		
Ciencias	4	1
Química	4	3
Subtotal Área Básica	8	4
<i>Regionales</i>		
CUP	2	2
CURE	6	6
CUR-CUT	1	1
RN	1	1
Subtotal Área Regional	10	10
<b>Total</b>	<b>155 (100%)</b>	<b>61 (40%)</b>



**Figura 3.** Interacción entre áreas cognitivas de los EFIs interservicio 2013. Fuente: elaboración propia.

interservicio, tomamos como análisis de caso el EFI “UTU Sustentable”,<sup>11</sup> propuesta de trabajo conjunto entre la Udelar y la Escuela Técnica (nivel secundario) del barrio Malvín Norte (ETMN), donde se buscó desarrollar actividades teórico/prácticas integrales relacionadas con la sustentabilidad en la vida cotidiana, entre docentes y estudiantes de ambas instituciones, compartiendo saberes a través de espacios de formación estudiantil.

Esta propuesta se centra en el concepto de “UTU autosustentable”, es decir, presentar la ETMN como una institución que diseña e implementa estrategias para aprovechar al máximo aquellos recursos con los que cuenta (ya sean económicos, humanos, energéticos, etc.), generando el mínimo posible de residuos y la creación de nuevas fuentes cuando sea necesario. En este marco, la propuesta pretende promover en todos los participantes la reflexión y acciones concretas en torno al concepto de sustentabilidad; favorecer la “auto-sustentabilidad” de la ETMN (generar productos/tecnologías utilizables y potenciar la seguridad alimentaria); promover en los participantes la apropiación de las tecnologías desarrolladas (por ejemplo para su uso doméstico); y generar y fortalecer el vínculo entre dos instituciones educativas vecinas a través de temas comunes.

Participan, por la ETMN, docentes y estudiantes de los Talleres Optativos

<sup>11</sup> UTU: Universidad del Trabajo del Uruguay (ofrece varios niveles de enseñanza: Ciclo Básico, Educación Media Profesional (Bachillerato Tecnológico), y carreras técnicas de nivel terciario.

Curriculares de Agronomía, Madera, Mecánica Automotriz y Gastronomía, y los cursos Tecnología y Ciencias Físicas; mientras que por la Udelar participan docentes de la Sección Bioquímica, Instituto de Física, Laboratorio de Biomateriales (Facultad de Ciencias). Asimismo, participaron docentes y estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Comunicación (LICCOM) quienes realizaron un registro audiovisual de la actividad. Se incorporó un docente del Laboratorio de Ecología Microbiana del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable perteneciente al Ministerio de Educación y Cultura.

Las tareas concretas desarrolladas en este EFI fueron: la construcción de un calentador solar de agua, el análisis de contenidos de alimentos por medio de ADN, la fabricación de alcohol en gel y la construcción de un biodigestor (generación de gas) y una compostera (cama de lombrices de tierra para generar tierra abonada). Los estudiantes universitarios realizaron como parte de su actividad curricular una práctica en la Escuela Técnica de Malvín Norte, donde trabajaron en talleres junto a estudiantes y docentes de esta institución y estudiantes de la Facultad de Ciencias. A la vez que se formaban en el manejo de la herramienta audiovisual, generaban productos sobre el proceso de trabajo del EFI que luego se proyectaron en una Feria de Ciencia y Tecnología en la propia ETMN. Al mismo tiempo, los estudiantes de LICCOM trabajaron con los estudiantes de Ciencias articulando saberes y aportando herramientas para el registro audiovisual. El trabajo de los estudiantes aportó una herramienta de sistematización de la experiencia lo que permitió la divulgación de la tarea realizada, el conocimiento y los productos generados.

Durante el EFI se dio un intercambio entre el saber académico y el saber popular, en cuanto que se coordinó y ajustó la agenda de investigación y generación de productos con los destinatarios finales (estudiantes de la ETMN). En una de las actividades del año 2013 (Estudio de la composición de alimentos por medio de ADN) se realizó una encuesta a los estudiantes de UTU para elegir las matrices alimentarias a ser analizadas en el laboratorio.

Los resultados académicos del EFI consistieron en la presentación de los productos en foros académicos y la confección de pósters de divulgación. Durante el desarrollo del EFI se cuidó de fomentar la interdisciplina en la planificación, ejecución y muestra final, intentando todo el tiempo que ninguna disciplina tomara el liderazgo, a la vez que se realizaron varias actividades con participación de todas las áreas. Sin embargo, quienes participamos en la propuesta consideramos que no se logró una real construcción interdisciplinaria durante el proceso, dado que cada disciplina trabajó por separado en las actividades concretas. Sabemos que la construcción de prácticas y equipos interdisciplinarios requiere de tiempos y esfuerzos múltiples, por lo que se valoran los resultados obtenidos, si bien resta mucho camino por recorrer. Esto constituye

un desafío a abordar en futuras ediciones de este EFI y, posiblemente, de muchos otros.

## Interdisciplina e integralidad: convergencias y divergencias

A partir de lo recorrido en el presente trabajo, ¿qué puede aportar el Espacio Interdisciplinario para la reflexión en torno a las prácticas integrales? Como ya vimos, la potencialidad interdisciplinaria de los EFI y las prácticas integrales, pautada en las definiciones de la Udelar, se ve verificada en esas experiencias. Existe un potencial interdisciplinario que puede ser explotado, pero que para ello se requiere redoblar esfuerzos. Si bien esto más que una conclusión es el comienzo de un camino de indagación, nos permite encontrar puntos de encuentro entre las prácticas integrales y las interdisciplinarias. Estas convergencias no están exentas de dificultades, desencuentros o divergencias. Sabemos que tanto la integralidad como la interdisciplina presentan dificultades a la hora de llevarlas a la práctica, y eso también forma parte del recorrido. Algunos problemas o dificultades con las que se encuentran las dinámicas interdisciplinarias pueden colaborar con las prácticas integrales y viceversa. Este puente entre ambos ejes se constata en la experiencia de los EFI analizados lo que se puede resumir en los siguientes “encuentros”:

1. *Horizontalidad*: La búsqueda de horizontalidad en las tres funciones universitarias en las prácticas integrales comparte la inquietud y la dificultad con la horizontalidad entre disciplinas en los grupos interdisciplinarios. En estos puede verse cómo muchas veces una disciplina domina a otras y las convierte así en subsidiarias, lo que también se verifica en los EFI.
2. *Interdisciplina y extensión*: Uno de los elementos que caracteriza a la concepción y tarea extensionista es la necesidad de un abordaje interdisciplinario (Bordoli 2010). Esto plantea un desafío en torno al desarrollo de la interdisciplina en la Udelar y el rol que en ello cumple el Espacio Interdisciplinario. La extensión se concibe como un proceso interdisciplinario, como un encuentro de saberes (Tommasino y Rodríguez 2011) donde se dan interacciones entre disciplinas, que potencialmente pueden constituirse en prácticas interdisciplinarias. El vínculo entre ambas dimensiones requiere ser explorado.
3. *Definición de integralidad e interdisciplina*: Para definir la integralidad se parte de una concepción amplia que no busca recortar la diversidad de experiencias. Lo mismo sucede en el caso de la interdisciplina, proponiéndose también una postura plural que da lugar a prácticas diversas que implican múltiples dinámicas de trabajo. Estas definiciones no taxativas ni excluyentes

han dado lugar en la Universidad a diferentes modalidades de aproximación hacia lo interdisciplinario y hacia la integralidad. En el caso de la interdisciplina, se verifican diferentes *dinámicas*, así como los EFI demuestran una pluralidad de formas de apropiarse y participar en las prácticas integrales. No existe un único camino hacia la interdisciplina o hacia la integralidad. La Udelar en este sentido se nutre de las iniciativas de sus propios actores.

4. *Herramienta promotora de diálogos*: Se plantea a la integralidad como una herramienta promotora de diálogos: entre saberes, entre diferentes actores, entre disciplinas. En el caso de las dinámicas interdisciplinarias, la comunicación constituye también una característica relevante pues se busca la construcción de conceptos y “lenguajes” en común entre diferentes disciplinas. Atravesar estas fronteras es un desafío compartido.
5. *Relacionamiento entre los servicios universitarios*: Para el desarrollo de la integralidad resulta necesario el relacionamiento fluido entre los servicios universitarios, lo que coincide como un factor favorable para la promoción de la interdisciplina y el fortalecimiento de las prácticas interdisciplinarias. En el presente trabajo pudimos ver cómo un 40% de los EFI que trabajaron en el 2013 estuvieron integrados por, al menos, dos servicios o facultades.
6. *Problemas multidimensionales*: El abordaje interdisciplinario e interprofesional se torna necesario a la hora de analizar y buscar soluciones creativas a problemas de alta complejidad (Bordoli 2010). En este sentido, los EFI se enfrentan a problemas multidimensionales que escapan al enfoque de una sola disciplina, así como a partir de su enclave territorial y/o institucional demandan otros saberes que no provienen del entorno académico.
7. *Proceso y producto*: En las actividades con el medio y en la labor comunitaria importa el producto —la resolución efectiva de un problema— y el proceso. Lo mismo sucede en las prácticas interdisciplinarias, en las que tanto el producto como el proceso son relevantes para la construcción de un saber que aporte a la resolución de un problema. Sin embargo, a pesar de ser valiosas ambas dimensiones, el proceso es particularmente relevante por la complejidad que implica. La interacción con los otros requiere de otros tiempos y de esfuerzos diversos, en los que los productos estarán directamente determinados por cómo se hayan dado esos procesos. Integrar funciones requiere de un esfuerzo y una reflexión; no se trata de sumar sino de articular, de generar algo nuevo a partir de la experiencia. En este sentido, un proceso a conciencia es parte fundamental de las prácticas integrales e interdisciplinarias.

Este conjunto de reflexiones no pretende cerrar la discusión sino, por el contrario, abrir y promover un intercambio que permita conocer y reconocer dificulta-

des y oportunidades entre las experiencias propias y las ajenas. Esta aproximación a una búsqueda de la interdisciplinariedad en las prácticas integrales o de las posibles convergencias y divergencias entre ambos ejes, es sólo un comienzo. Para llegar a conclusiones más certeras debemos diversificar las estrategias de investigación, realizando entrevistas en profundidad a partir de las bases de datos ya construidas.

En lo que atañe específicamente al Espacio Interdisciplinario, la integralidad abre un espacio para la interdisciplina en la medida en que se precisan diálogos horizontales y miradas diversas sobre las preguntas a responder. A pesar de las líneas promovidas por la Udelar —o gracias a ellas— nos encontramos con variadas definiciones e indefiniciones sobre la interdisciplina y la integralidad que confirman el espíritu plural con el que ambas se proponen. Aprender de las iniciativas de quienes emprenden estas tareas es el camino. **Id**

## Agradecimientos

Los autores quieren agradecer especialmente a Carlos Santos, Valeria Grabino, María Noel González, Agustín Cano y Diego Barros del Servicio Central de Extensión y Actividades en el Medio, quienes brindaron los datos, bibliografía e informes que se utilizaron para el análisis de los Espacios de Formación Integral. Asimismo, valoramos el apoyo de los siguientes ayudantes de las unidades de extensión: Gastón Lamas, Eugenia Villamarzo, Valeria Cavalli, Marcela Farreño, Vilma Castro, Beatriz Sarmiento y Agustín Guerra.

## Referencias

- Arocena, Rodrigo. «Curricularización de la extensión: ¿por qué, cuál, cómo?» *Integralidad: tensiones y perspectivas. Cuadernos de Extensión* (Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio [CSEAM]), nº 1 2011: 19-42.
- . «Presentación.» *Espacio Interdisciplinario, Jornada de Presentación. Montevideo: Editado por el equipo de Rectorado de la Universidad de la República. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República*. 2008. [www.ei.ur.edu.uy](http://www.ei.ur.edu.uy).
- Bordoli, Eloísa. «Aportes para pensar la extensión universitaria.» En *Extensión en obra. Experiencias, reflexiones, metodologías y abordajes en extensión universitaria*. Montevideo: Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM), 2010.
- Cruz, Paula, Bianca Vienni, Ximena Aguiar y Lorena Repetto. «Apuntes para la caracterización del trabajo interdisciplinario en la Universidad de la República.»

- Interdisciplina en el estuario. Saberes orilleros.* (Revista Digital de la Universidad Nacional de México) 13, nº 5 de mayo de 2012. <http://www.revista.unam.mx/>.
- , Lorena Repetto y Bianca Vienni. «Situación de la interdisciplina en la Universidad de la República (2009-2011).» En *En\_clave inter Procesos, contextos y resultados del trabajo interdisciplinario*, 29-4. Montevideo: Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República, 2013.
- Diario Oficial. «Ley Orgánica de la Universidad de la República.» *Ley N° 12.549 de 16.X.1958.* 29 de Octubre de 1958. <http://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2011/3196/leyorganicaudelar.pdf>.
- Grabino, Valeria y Carlos Santos. «La integralidad como propuesta teórico-metodológica. Reflexiones a partir de la experiencia de la Universidad de la República.» *Congreso, Extensión y Sociedad, Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio.* 2013. [http://formularios.extension.edu.uy/ExtensoExpositor2013/archivos/645\\_resumen1495.pdf](http://formularios.extension.edu.uy/ExtensoExpositor2013/archivos/645_resumen1495.pdf).
- Lattuca, Lisa. *Creating Interdisciplinarity: Interdisciplinary research and teaching among college and university faculty.* Nashville: Vanderbilt University Press, 2001.
- Rectorado. «La extensión en la renovación de la enseñanza. Espacios de Formación Integral.» *Fascículo 10. Hacia la Reforma Universitaria* (Montevideo: Universidad de la República), 2010.
- Repko, Allen. *Interdisciplinary research: process and theory.* California: Sage Publications, 2008.
- , William Newell y Richard Szostak. (Eds.) *Case studies in interdisciplinary research.* California: Sage Publications, 2011.
- Romano, Antonio. «Sobre los espacios de formación integral de la Universidad. Una perspectiva pedagógica.» *Integralidad: Tensiones y perspectivas. Cuadernos de Extensión* (Montevideo: Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM)), nº 1, 2011.
- Sutz, Judith. «La integralidad de las funciones universitarias como espacio de preguntas recíprocas.» *Integralidad: tensiones y perspectivas. Cuadernos de Extensión* (Montevideo: Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM)), 2011.
- Tommasino, Humberto y Nicolás Rodríguez. «Tres tesis básicas sobre extensión y prácticas integrales en la Universidad de la República.» *Integralidad: tensiones y perspectivas. Cuadernos de Extensión* (Montevideo: Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio [CSEAM]), 2011.
- Universidad de la República Uruguay. «Sitio de la UDELAR.» *Reforma Universitaria.* 2014. <http://www.universidad.edu.uy/renderPage/index/pageId/499>.
- . «Sitio del Espacio Interdisciplinario.» 2008. <http://www.ei.udelar.edu.uy/>.

María de Lourdes Pastor Pérez\*

# El ensayo, espacio idóneo para la expresión interdisciplinaria. Dos ejemplos de la ensayística mexicana: Octavio Paz y Alfonso Reyes

Esa maravillosa urdimbre  
que hoy llamamos interdisciplinariedad

241

**Resumen** | El *ensayo*, se trate de una obra literaria o académica, generalmente plantea problemas, preguntas, hipótesis, e intenta respuestas que en la mayoría de los casos son parciales, provisionales o sin grandes pretensiones, y por ello, de gran valor en la construcción del conocimiento. Se revisa esta forma de expresión escrita mencionando algunas concepciones de la misma, desde Montaigne hasta su presencia en Hispanoamérica y México. Para conocer si el ensayo permite la expresión amplia y libre de la visión interdisciplinaria, se revisan, a manera de ejemplo, dos ensayos en los que confluyen diversas áreas del conocimiento, escritos por Octavio Paz y Alfonso Reyes, autores representativos de la ensayística mexicana.

***The Essay, Suitable for Interdisciplinary Expression: Two Examples of Mexican Essayists: Octavio Paz and Alfonso Reyes***

**Abstract** | The essay, whether a literary or scholarly work, usually poses problems, questions, hypotheses, and attempts answers that in most cases are partial, provisional, unpretentious, and therefore of great value in building knowledge. We review this form of written expression, departing from Montaigne to its presence in Latin America and Mexico. To ascertain if essays allow the broad and unfettered expression of the interdisciplinary views, we review two essays in which several areas of knowledge come together, written by Octavio Paz and Alfonso Reyes, two representative authors of Mexican essay.

**Palabras clave** | ensayo – interdisciplinar – pensamiento complejo – literatura

**Keywords** | essay – interdisciplinary – complex thinking – literature

---

\* Escuela Nacional Preparatoria y Centro de Enseñanza para Extranjeros, Universidad Nacional Autónoma de México. **Correo electrónico:** lourdes\_pastor@yahoo.com

## Introducción

EL ENSAYO es el “centauro de los géneros”, como le llamaría Alfonso Reyes en afortunado concepto, “donde hay de todo y cabe todo”. Así se refiere Reyes (1979, 402) a ese tipo de escrito cuya versatilidad parece ilimitada y que permite nuevos acercamientos como el presente, en el que surge la pregunta ¿es el ensayo un género que permite de manera amplia y libre la expresión de la visión interdisciplinaria desde el enfoque del pensamiento complejo?

La riqueza de expresión del ensayo estriba en la posibilidad de abordar diversos temas, o diversos enfoques de un mismo tema, o combinar disciplinas y

argumentos y posiciones sobre un mismo asunto; en fin, que la flexibilidad y la posibilidad de diversas maneras de expresión caracterizan a nuestro objeto de estudio; pero dentro de esa flexibilidad existen constantes que permiten diferenciar al género de otros, e identificar los rasgos que lo convierten en algo único ya que en ocasiones se le confunde con otras formas de expresión como el artículo o el relato.

Siempre que se habla del ensayo es obligado referirse a Michel de Montaigne (1533-1592). Desde la aparición formal

*La riqueza de expresión del ensayo estriba en la posibilidad de abordar diversos temas, o diversos enfoques de un mismo tema, o combinar disciplinas y argumentos y posiciones sobre un mismo asunto*

de *Les Essais*<sup>1</sup>, hacia 1580 mucho se ha escrito, y más se puede escribir sobre el tema. Con ese ánimo es que intento abordar la forma de expresión escrita conocida como ensayo desde la perspectiva de la interdisciplinariedad y el pensamiento complejo, y llevar dicha reflexión a dos autores mexicanos en los que se puede identificar la intención de abordar distintas disciplinas en una misma línea de la expresión escrita, en este caso en lenguaje literario.

En un primer momento haré una revisión del ensayo en cuanto género o forma de expresión escrita, mencionando algunas posiciones sobre el mismo, desde Montaigne hasta su presencia en Hispanoamérica y México. En un segundo momento revisaré la práctica del ensayo desde una perspectiva de complejidad e interdisciplinariedad en dos *obras* de autores representativos de la ensayística

<sup>1</sup> La primera edición de *Les Essais de Mesire Michel, Seigneur de Montaigne, chevalier de l'Ordre du Roi et gentilhomme ordinaire de sa chambre*, es de 1580, se publicó en Burdeos, aún en vida del autor. Le siguen las ediciones de 1582, 1587 y 1588, y en 1595 se publica en París la edición de *Les Essais*, cuidada por su discípula María de Gournay (Montaigne 2011).

mexicana: *Brindis en Estocolmo*, de Octavio Paz, y el ensayo XI de la *Cartilla moral*, de Alfonso Reyes.

## El ensayo

El ensayo en cuanto género fue acuñado por Michel de Montaigne a finales del siglo XVI, en su obra *Les Essais*.

Con una mirada actual, en Montaigne ya se puede identificar una intención interdisciplinaria que va desde el tratamiento de asuntos filosóficos y cotidianos, de educación y comportamiento, de interés antropológico-social hasta una variedad de escritos sobre la cultura, los libros, los usos y costumbres, de lo que hoy llamamos desarrollo personal o motivacional, entre otros. Son escritos en donde priva su opinión o punto de vista sin intención de erigirse en autoridad, sino de dejar para su lector un libro de “buena fe”, sin “un fin trascendental, sino sólo privado y familiar”. “Lo consagro a la comodidad particular de mis padres y amigos”, es lo que ha dejado en su mensaje que a manera de prólogo tituló: “el autor al lector” (31). Nunca pensó Montaigne la trascendencia que tendría para la cultura universal su modesta intención: “quiero sólo mostrarme en mi manera de ser sencilla, natural y ordinaria, sin estudio ni artificio, porque soy yo mismo a quien pinto [...] Así lector, sabe que yo mismo soy el contenido de mi libro...” (Montaigne 2011, 31)<sup>2</sup>

Lo que en realidad logró Montaigne fue aligerar los escritos y dejar su punto de vista sobre algún tema de su interés. Así nos legó una gran variedad de escritos sobre asuntos tan diversos como la educación, la moral y la vida cotidiana de su tiempo. En el espléndido estudio preliminar de un gran ensayista mexicano, Juan José Arreola, que abre la edición aquí empleada, vislumbramos la grandeza del hacedor del ensayo, pero también de su prologuista. En un juego de círculos concéntricos, Arreola, hace gala de ingenio y dominio de la técnica literaria al escribir breves ensayos en cada uno de los apartados.

Lo interdisciplinario en el ensayo aparece desde el mismo Montaigne, si lo consideramos como la suma de los saberes, la cultura misma. La educación de Montaigne lo llevó a dominar el latín antes que otro tipo de conocimiento, y a incursionar en una serie de disciplinas,<sup>3</sup> cuya combinación se expresa en un lenguaje propio que él decidió hacer explícito en escritos a los cuales denominó ensayos. Su educación formal la hizo en el Colegio de Guyena del cual quedó el gusto por el teatro; se sabe que estudió Derecho y ejerció algunos cargos en organismos jurídicos. También ocupó cargos administrativos y participó en actos

2 Las referencias de las citas remiten a esta edición.

3 Ver: prólogo a la edición aquí empleada.

bélicos. Se dedicó a las letras y su cultura se forjó con los libros de su formidable biblioteca circular en la torre del castillo de Montaigne en Burdeos, muchos de los cuales, procedían de su padre, quien tanta dedicación puso en la educación de su hijo.<sup>4</sup>

Después de Montaigne surge en línea paralela, pero en busca de mayor objetividad en los asuntos que trata, Francis Bacon, su contemporáneo, creador del género ensayístico en inglés, quien, entre otras obras, escribió *Essays: Moral, Economical and Political*, de 1597. Posteriormente muchos autores han dejado sus escritos bajo el rango de *ensayos*, como el *Essay concerning Human Understanding*, de John Locke, cuya redacción se remonta a 1671, editado en 1690. Se proyecta ya como una forma de escribir con autores como Voltaire, Rousseau, Bergson (Weinberg 2006a),<sup>5</sup> y un amplísimo etcétera que llega hasta nuestros días.

El ensayo es una veta de expresión de gran riqueza, aunque de difícil delimitación, lo cual es una ventaja y una desventaja del género, porque ante la posibilidad de la libertad de expresión, se puede perder lo que sería su constitución primaria. El ensayo es un espacio de expresión escrita en donde el pensador<sup>6</sup> ha dejado sus ideas y, por supuesto, sin agotar el tema.

Mucho antes de que se le llamara ensayo, o independientemente de que se le llame de esa manera, muchos autores desde la antigüedad escribieron sus reflexiones sobre un tema en cartas, discursos o disertaciones. Si partimos de una definición léxica podemos considerar un ensayo como “un escrito, generalmente breve, sin el aparato ni la extensión que requiere un tratado completo sobre la misma materia”.<sup>7</sup> Pero, desde luego que el ensayo es mucho más que eso. También en el sentido de la palabra, ensayar para Montaigne tiene que ver más con una “probada” de buena fe (ante el riesgo del veneno), que con un intento o borrador (Amara 2012, 24).<sup>8</sup>

Si bien el ensayo fue aceptado como forma de expresión en Francia y Gran Bretaña, cuya tradición de escritura de ideas pasó a Hispanoamérica, en donde tuvo gran desarrollo, sobre todo en el siglo XIX (Skirius 2006), no ocurre lo

4 Ver: epílogo a la edición aquí empleada realizado por Adolfo Castañón.

5 Ver: prólogo de Juan José Arreola a la edición aquí utilizada.

6 He optado por el genérico “pensador” en referencia al ser humano que tiene la intención de plasmar su pensamiento en escritos, en los que exprese su opinión o punto de vista, considerados como ensayos.

7 s/v ensayo: *Diccionario de la Lengua Española*. 19<sup>a</sup> ed, III, Real Academia española, Madrid, 1970.

8 En el prólogo de Juan José Arreola a la edición de *Ensayos escogidos*, ya mencionada, refiere a una visita que hizo Enrique de Navarra al castillo de Montaigne “quiso dar a su anfitrión una prueba de confianza y se negó a que los manjares fueran ‘ensayados’ en la mesa” (13), es decir, probados.

mismo en Alemania. En su trabajo “El ensayo como forma”, Theodor W. Adorno (1974), da cuenta de cómo el ensayo no es aceptado por la academia alemana que, a partir de una rigidez filosófica lo rechaza al considerar que no produce algo científico, ni algo artístico, por lo tanto de escaso o nulo valor: “el gremio sólo tolera como filosofía lo que se reviste con la dignidad de lo universal, de lo permanente” (12). Adorno menciona algunas consideraciones por las que el ensayo sería rescatable: “el ensayo asume el impulso anti-sistemático en su propio proceder e introduce los conceptos sin ceremonias, ‘inmediatamente’, tal como los recibe” (21) y que: “el pensamiento no avanza en un solo sentido, sino que los momentos se entrelazan como los hilos de un tapiz” (22). Podría aquí Adorno aludir a la interdisciplinariedad en el ensayo.

Adorno emprende el punto central de su ensayo al considerar que:

el ensayo en cuanto forma se expone al error lo mismo que tal aprendizaje [empírico], su afinidad con la experiencia espiritual abierta tiene que pagarla con la falta de seguridad a la que la norma del pensamiento establecido teme como a la muerte. El ensayo no tanto desdeña la certeza libre de dudas como denuncia su ideal [...] todos los conceptos han de exponerse de tal modo que se presten apoyo mutuo, que cada uno se articule según las configuraciones de otros. En él se reúnen en un todo legible elementos discretamente contrapuestos entre sí; él no levanta ningún andamiaje ni construcción. Pero los elementos cristalizan como configuración a través de su movimiento, ésta es un campo de fuerzas, tal como bajo la mirada del ensayo toda obra espiritual tiene que convertirse en un campo de fuerzas (23).

La fácil flexibilidad del curso de los pensamientos del ensayista le obliga a una mayor intensidad que la del pensamiento discursivo, pues el ensayo no procede, como éste, ciega y automáticamente, sino que a cada instante tiene que reflexionar sobre sí mismo (33).

Parecería que de manera intencional, Enrique Anderson Imbert (2006),<sup>9</sup> el gran historiador de la Literatura hispanoamericana, da respuesta a la actitud de la academia alemana: “claro está que los fanáticos de la Filosofía dirán que siempre un sistema filosófico —sobre todo si es alemán— tiene más rigor, dignidad y jerarquía que un ensayo —sobre todo si es inglés”. Según Anderson Imbert “Cualquier construcción está animada con un toque de poesía cuando su unidad interior se ha hecho visible, fácil y placentera [...] y el ensayo es, sobre todas las cosas una unidad mínima, leve y vivaz donde los conceptos suelen brillar como metáforas” (75).

<sup>9</sup> Argentina (1910-2000).

Adorno menciona que el ensayo no era reconocido en Alemania como lo era la poesía;<sup>10</sup> ocurre lo contrario en Hispanoamérica, sobre todo durante el siglo XIX en donde el ensayo se convierte en un medio adecuado de expresión y difusión de las ideas, debido, entre otras cosas, a los procesos de independización de la metrópoli.

Se aplica el término ensayo al escrito que tiene como finalidad expresar una opinión o punto de vista. John Skirius (1948-2011), el estudioso y compilador de ensayos de autores hispanoamericanos lo ha definido de la siguiente manera: “el ensayo es una meditación escrita en estilo literario; es la literatura de ideas y, muy a menudo lleva la impronta personal del autor. Es prosa, pero no es ficción” (Skirius 2006, 9).

En nuestro medio universitario destaca la labor que ha hecho Liliana Weinberg (2006a) para dilucidar el género desde diversas perspectivas. En *Pensar el ensayo* hace una revisión de cómo ha sido estudiado el ensayo desde la crítica filosófica y literaria. Su obra permite avanzar en la concepción de lo que significa el ensayo para la cultura. “El ensayo resulta entonces el despliegue de la inteligencia a través de una poética del pensar y la puesta en práctica de nuestra capacidad de entender y dar juicio sobre la realidad desde una perspectiva personal” (19). Weinberg integra en su juicio, tanto lo relativo a la expresión en prosa, como el sentido que adquiere: “la prosa del ensayo actúa además como mediadora entre otras formas de la prosa del mundo, vectores temáticos, conceptos y símbolos preformados culturalmente, los pone en relación y los enlaza en nuevas configuraciones de sentido” (20). Y en cuanto a la interdisciplinariedad que a nuestro parecer está presente en el ensayo desde sus orígenes, se puede confirmar en Weinberg (2001) cuando dice que: “el ensayo logra así articular saberes, decires, tradiciones, discusiones, y captar no sólo conceptos, sino estructuras de sentimiento que se dan en el seno de la vida de una cultura o un campo literario o intelectual específico” (20).

Luigi Amara (Ciudad de México, 1971) hace una reflexión del ensayo (2012), de cómo se ha ido desvirtuando su significado, lo que hace oportuna su afirmación de “ensayo ensayo”. Si para Reyes la imagen del centauro es reflejo del ensayo, para Amara, siguiendo a Chesterton, la serpiente lo representaría mejor: “sinuoso, suave, errabundo y a veces viperino”. En la misma línea de pensamiento, “ese toque maligno que percibía Chesterton<sup>11</sup> [...] que se manifiesta en su

<sup>10</sup> “En Alemania el ensayo provoca rechazo porque exhorta a la libertad del espíritu” (Adorno 1974, 12).

<sup>11</sup> Dice Amara de Chesterton, “que ama el ensayo, pero lo encuentra maligno y peligroso” (2012, 25)

naturaleza elusiva, impresionista y cambiante, en ese estar de lado de lo incierto y lo fuera de lugar, es nada menos lo que hace que el ensayo ocupe un lugar en la literatura y sea, por decirlo así, una forma de arte, algo más que una vía egotista de proferir opiniones o una mera ‘prosa de ideas’ (22).

Pero también la libertad en que se da la expresión del ensayo ha propiciado una extensión en la que se desdibujan los límites hasta su desaparición: “pasa tal vez que la libertad con que discurre el género ha contagiado nuestro vocabulario y entonces cualquier texto en prosa, desde el artículo de periódico hasta la tesis académica, desde el comentario político, hasta en últimas fechas la novela, se consideran ensayos” (23).

Ante la denuncia de tal abuso, y la discusión de la validez del género de índole personal o impersonal, Amara hace la propuesta que permite la continuidad del género:

(...) propongo que todos los ensayos espurios, de tipo político, y de teoría literaria, los sociológicos y de actualidad económica que se refugian en la impersonalidad; que todos los tratados eruditos, académicos y la mayoría de los divulgativos que abogan por la formalidad, se queden en el estante de la ‘no ficción’, allí donde se diría que lidian con la realidad o la representan. Y que el ensayo personal y tentativo se reubique en el estante de la ficción, en ese lado del librero en el que llanamente se amontona la literatura (27).

Así ha resultado que al nombrar Reyes al ensayo “el centauro de los géneros”, en una idea que, seguramente, pretendía ser una sonora definición del ensayo, se ha transformado en controversial asunto. Amara se pronuncia por la serpiente, y Evodio Escalante (2007), se deja cautivar por su encanto: “¿quién podría renunciar a una imagen afortunada?”, nos dice en la primera frase de su ensayo. Escalante revisa las intenciones del uso de la imagen en Reyes y pone en duda hasta la misma intención de Reyes en sus trabajos aquí mencionados, para finalmente elaborar la pregunta: “si el ensayo es un género textual determinado, identificable a partir de cierto número de rasgos constitutivos en los que nos podemos poner de acuerdo, o bien una expectativa de lectura que en mucho depende de las circunstancias y del contexto” (4). E intentando ir más allá de los “atributos intelectuales” que lo acompañan: “el carácter antidogmático y provocador” y ya no le llama ensayo, sino “texto ensayístico” que será considerado como ensayo a partir de “una determinada expectativa de lectura” (4). Finalmente, Escalante hace una lectura de un “cuento” de Borges, “Los teólogos”, contenido en *El Aleph*, al que considera “por su contextura, es también de algún modo un ensayo” (6). Sin duda muchos de los escritos de Borges cabrían en esta suposición, la aportación que, desde mi punto de vista hace Escalante, es lo relacionado

al contexto, y a las marcas que rodean una obra. Lo consideramos cuento porque está publicado bajo ese nombre, destaca lo que llama “supuestos previos” de los que en mucho depende la atribución ensayística (6). Seguramente buscamos las marcas en los índices, los títulos bajo los cuales aparecen los ensayos, o los poemas u otro tipo de escrito, lo cual responde al criterio del editor o del compilador, pero que bien puede corresponder a otra manifestación de la creación literaria.

### Interdisciplinariedad y ensayo

Una disciplina es, en una definición escueta, una ciencia en cuanto objeto de aprendizaje o de enseñanza (Abbagnano 2004), la interdisciplina será la interrelación entre ellas. Para Edgar Morin (1992) la disciplina es una categoría organizacional en el seno del conocimiento científico; ella instituye allí la división y la especialización del trabajo y ella responde a la diversidad de los dominios que recubren las ciencias. [...] La organización disciplinaria fue instituida en el siglo XIX, particularmente en la formación de las universidades modernas, luego se desarrolló en el siglo XX con el impulso de la investigación científica. En un contexto internacional, Morin menciona que la “interdisciplinariedad puede también querer decir intercambio y cooperación” (9).

Lo interdisciplinar y su construcción teórica a partir del enfoque de la complejidad se viene dando desde finales del siglo XX y cuenta con una serie de trabajos de investigación que parten de Jean Piaget y Edgar Morin, y, en nuestro medio universitario, de los trabajos de Rolando García y Pablo González Casanova.<sup>12</sup>

El ensayo, se trate de una obra literaria o académica, generalmente plantea problemas, preguntas, hipótesis, e intenta respuestas que en la mayoría de los casos son parciales, provisionales o sin grandes pretensiones y, por ello, de gran valor en la construcción del conocimiento. En el ensayo el pensador va de una ciencia otra y de una disciplina a otra sin marcas ni límites, sólo con la fluidez que le otorga su propio pensamiento y referentes culturales, que, desde luego, abarcan distintos contenidos del saber humano. A este fenómeno Edgar Morin le llama “migraciones”. Entre la literatura, la historia y la filosofía se dan las migraciones de una disciplina a otra de manera necesaria y natural, pero también se da entre la filosofía y las ciencias de la vida, y se enlazan en nuevos campos del conocimiento como el de la bioética.

Se atribuye a Ortega y Gasset considerar al ensayo como literatura de ideas;

12 Y otros investigadores del Centro de Investigaciones interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, ver: (Barrón 2013).

cierta o no la paternidad de la referencia, el ensayo está alimentado de ideas que se van expresando, las más de las veces, en argumentos y propuestas.

Para Morin: (2006) "todo conocimiento, incluido el conocimiento científico, está enraizado, está inscrito en, y es dependiente de, un contexto cultural, social, histórico" (17). La cultura y los conocimientos individuales son aspectos inseparables; según Morin, "un acto cognitivo individual es *ipso facto* un fenómeno cultural, y todo elemento del complejo cultural colectivo se actualiza en un acto cognitivo individual" (23). Podemos considerar a nuestro objeto de estudio, el ensayo, como un acto cognitivo individual porque está realizado por una persona, digamos Montaigne, pero esa manifestación individual es el resultado de toda la cultura que tiene el autor, sin la cual no sería posible. "La cultura, y a través de la cultura, la sociedad, están en el interior del conocimiento humano" (23). Ese conocimiento es necesariamente interdisciplinario y de esa manera se expresa.

Los autores que se han escogido para ilustrar las ideas vertidas en el presente ensayo son claros ejemplos de una cultura interdisciplinaria. Octavio Paz a partir del encuentro con la antropología y la obra de Levi Strauss, de quien hará traducciones de su obra al español, incorporó muchos conceptos relacionados con el mito y el símbolo en el complejo cultural que se refleja en gran parte de su obra, que no puede ser solamente literaria, aunque esté expresada en lenguaje literario.

Alfonso Reyes ha teorizado sobre la literatura en su obra *El Deslinde*, y ha considerado al ensayo como ejemplo de la función ancilar de la literatura, entendiendo ésta como "cualquier servicio temático o noemático, sea poético, sea semántico, entre las distintas disciplinas del espíritu" (Reyes 1944, 46), refiere Reyes a los préstamos que toma lo literario de lo no-literario.

La literatura se va concentrando en el sustento verbal: la poesía más pura o desasida de narración, y la comunicación de especies intelectuales. Es decir, la lírica, la literatura científica y el ensayo: este centauro de los géneros, donde hay de todo y cabe todo, propio hijo caprichoso de una cultura que no puede ya responder al orbe circular y cerrado de los antiguos, sino a la curva abierta, al proceso en marcha, al "Etcétera" cantado ya por un poeta contemporáneo preocupado de filosofía (Reyes 1944a).

*El ensayo, se trate de una obra literaria o académica, generalmente plantea problemas, preguntas, hipótesis, e intenta respuestas que en la mayoría de los casos son parciales, provisionales o sin grandes pretensiones y, por ello, de gran valor en la construcción del conocimiento*

Lo interdisciplinar es más amplio que lo meramente ancilar, a que se refiere Alfonso Reyes, al considerar préstamos entre diferentes áreas del conocimiento. Cada disciplina y cada ciencia reúnen conceptos que las distinguen, tienen su propio campo de investigación y de enseñanza, así como un lenguaje propio, esto permite su diferenciación con otras disciplinas o áreas del conocimiento; pero no obstaculiza lo que Morin (1992) llama las “migraciones” entre diversas disciplinas cuando dice, con un cierto dejo de humor, que “ciertas nociones circulan y, a menudo, atraviesan clandestinamente las fronteras sin ser detectadas por los aduaneros. [...] ciertas nociones migrantes fecundan un nuevo campo disciplinario donde ellas van a enraizarse, aún al precio de un contrasentido” (3).

Lo interdisciplinar va más allá de lo ancilar al incorporar en la cultura del autor todo aquello que ha integrado a lo largo de su vida; no es sólo un préstamo, es la incorporación de los diversos saberes que se ponen en juego al escribir un ensayo.

## Dos ensayos de autores mexicanos, desde las nociones de interdisciplinariedad y complejidad

La ensayística mexicana ha sido estudiada y organizada, en gran medida, por la labor de José Luis Martínez, (1918-2007), mexicano universal, a quien mucho le debe la crítica y la historiografía de la literatura y, de paso, la historia y la filosofía. Hizo, además de su obra principal *El ensayo mexicano moderno* (1984), una clasificación de la producción de los ensayos de Alfonso Reyes, de la cual se puede derivar que el ensayo escogido de la *Cartilla moral* (Lección XI) tiene la característica de ser un “ensayo expositivo”, en el cual “casi no hay materia fundamental de cultura que no haya sido expuesta y resumida magistralmente por su pluma” (Martínez 1959). Esa maravillosa urdimbre que hoy llamamos interdisciplinariedad.

Se han escogido, para esta ocasión, textos de dos grandes ensayistas mexicanos: Octavio Paz *Brindis en Estocolmo* y Alfonso Reyes *Cartilla moral*<sup>13</sup>. De lo más granado de nuestras letras, ambos cuentan con el reconocimiento a la calidad de su obra y son considerados entre los mejores, no sólo en lo particular nacional, sino también en lo universal. En los mencionados ensayos literarios está presente la interdisciplinariedad casi de manera natural. Lo literario, lo perteneciente a la literatura siempre requiere de otros conocimientos, de otras disciplinas para su expresión cabal: la historia, la sociología, la antropología, la

13 He optado por el orden alfabético de apellido de los autores.

música, las ciencias duras y experimentales, en fin, todo un conjunto de saberes que se expresan desde el lenguaje literario.

Durante un tiempo Octavio Paz y Alfonso Reyes mantuvieron una correspondencia, reunida y comentada por Anthony Stanton (1998), si no muy copiosa, sí de gran interés, tanto para identificar un posible paralelo entre las trayectorias de los escritores en cuestión, como para la apreciación del momento histórico que se ve reflejado en el intercambio epistolar.

El periodo abarca de 1939 a 1949, de acuerdo con la división que hiciera Stanton, en el cual Reyes se asienta en México al frente de La Casa de España, (después, Colegio de México), y Paz inicia su carrera diplomática en París. La correspondencia mencionada es de gran interés, aunque no tiene mención alguna sobre la *Cartilla moral*, porque aún no se había publicado.

Reyes y Paz son seres excepcionales en su obra escrita; también reúnen la característica necesaria en este trabajo, son interdisciplinarios en cuanto personas de gran cultura, conocedoras de su entorno y de su tiempo, cuya síntesis se plasma en la obra escrita. Escoger los textos fue más delicado, porque la condición que buscaba era que el escrito reflejara la visión interdisciplinaria del autor. El común entre ellos es, por el lado formal, la impecable redacción del ensayo y, por otro, el del contenido que se da en paralelo: la preocupación por el entorno planetario, la conservación de la naturaleza y de la vida con todo el conocimiento que para hablar de ello se requiere mediante la expresión de una cultura amplia en la que se da la urdimbre de las diversas disciplinas que inciden en su pensamiento y se plasman en ideas.

*Un rasgo frecuente al escribir un ensayo es que el autor se hace una o varias preguntas, que responderá, o no, ese no es el propósito. El propósito es hacer la pregunta*

### **Octavio Paz. *Brindis en Estocolmo***

En la celebración que con motivo del agradecimiento por habérsele otorgado el Premio Nobel en diciembre de 1990 ante los reyes y el pueblo sueco, Octavio Paz (1914-1998) construyó un discurso, que es a la vez un ensayo. No sólo lo he elegido por su importancia histórica, sino porque considero que es un magnífico ejemplo de interdisciplinariedad. En él se pone en juego todo el complejo cultural de Paz en una breve, pero sustanciosa obra maestra. La mención de diversas disciplinas y ciencias en un contexto diplomático y literario a través de

un discurso, que es a la vez un ensayo, es una muestra del pensamiento complejo e interdisciplinario.

Un rasgo frecuente al escribir un ensayo es que el autor se hace una o varias preguntas, que responderá, o no, ese no es el propósito. El propósito es hacer la pregunta. Y en ese histórico momento en que agradece la mencionada distinción, Paz expresa una serie de preguntas, a cuál más trascendente y profunda: “¿amanece una Era de concordia universal y de libertad para todos o regresarán las idolatrías tribales y los fanatismos religiosos, con su caudal de discordias y tiranías? (675). Abundará en otras preguntas para llegar a lo particular: “y en esa parte del mundo que es la mía, América Latina, y especialmente en México, mi patria: ¿alcanzaremos al fin la verdadera modernidad, que no es únicamente democracia política, prosperidad económica y justicia social sino reconciliación con nuestra tradición y con nosotros mismos?” (675). Y se responde con la incertidumbre propia del pensamiento complejo: “imposible saberlo. El pasado reciente nos enseña que nadie tiene las llaves de la historia. El siglo se cierra con muchas interrogaciones” (675).

Alerta Paz, desde un enfoque interdisciplinario, como:

...la vida en nuestro planeta corre graves riesgos. Nuestro irreflexivo culto al progreso y los avances mismos de nuestra lucha por dominar a la naturaleza se han convertido en una carrera suicida. En el momento en que comenzamos a descifrar los secretos de las galaxias y de las partículas atómicas, los enigmas de la biología molecular y los del origen de la vida, hemos herido en su centro a la naturaleza (675).

Y después de exponer en unas líneas el mayor problema que enfrenta el ser humano contemporáneo, expone, también la vía de solución:

(...) por esto, cualesquiera que sean las formas de organización política y social que adopten las naciones, la cuestión más inmediata y apremiante es la supervivencia del medio natural. Defender a la naturaleza es defender a los hombres (675).

Y continúa encadenando distintos conocimientos, desde la teoría de los sistemas y lo referente a la flora y la fauna; a la biología y la astronomía, para cerrar magistralmente la idea con una reminiscencia filosófica.

Al finalizar el siglo hemos descubierto que somos parte de un inmenso sistema —o conjunto de sistemas— que va de las plantas y los animales a las células, las moléculas, los átomos y las estrellas. Somos un eslabón de «la cadena del ser» como llamaban los antiguos filósofos al universo (675).

De pronto aflora el poeta para unir lo infinito del universo con la maravilla de lo pequeño:

Es grande el cielo y  
y arriba siembran mundos  
imperturbable,  
prosigue en tanta noche  
el grillo berbiquí (676).

La complejidad que existe entre lo grande y lo pequeño, entre el universo y la naturaleza circundante, permite que el hombre vuelva los ojos a los valores sociales en donde la solución puede darse en esperanzadora propuesta:

(...) estrellas, colinas, nubes, árboles, pájaros, grillos, hombres: cada uno en su mundo, cada uno un mundo -y no obstante todos esos mundos se corresponden. Sólo si renace en nosotros el sentimiento de hermandad con la naturaleza podremos defender a la vida. No es imposible; *fraternidad* es una palabra que pertenece por igual a la tradición liberal y a la socialista, a la científica y a la religiosa (676).

Con esa idea cierra el discurso y pasa a hacer el anunciado brindis con los reyes y el pueblo de Suecia. Los ciento ochenta segundos anunciados han tenido sin duda el impacto de lo trascendente, breve y bueno, no sólo en el momento para el que fue escrito, sino para la posteridad de nuestra historia y de la historia de los premios Nobel.

**Alfonso Reyes. *Cartilla moral***

Es Alfonso Reyes (1889-1959), uno de los más grandes ensayistas en nuestro idioma, pero también el ensayo le ocupó como objeto de estudio desde la teoría literaria en cuanto género<sup>14</sup>. Hombre universal que vivió en diversos países, primero, siendo muy joven, obligado por las circunstancias, aunque ya cimentadas las bases de su cultura, sobre todo por su participación en el Ateneo de la Juventud, y ya mayor cumpliendo misiones diplomáticas. Durante la etapa del Ateneo de la Juventud hizo una entrañable amistad con Pedro Henríquez Ureña quien lo animó a escribir ensayos; así nació una de las grandes vocaciones literarias de nuestro país. Volvió a México a principios de la década de los cuarenta para encabezar uno de los proyectos del exilio republicano español más enriquecedor,

<sup>14</sup> Al que llamó “centauro de los géneros”, como ya se ha anotado.

en cuanto a cultura se refiere, fue director de la Casa de España, que después se transformó en El Colegio de México, en donde realizó una destacadísima labor que contribuyó a construir el prestigio del que goza la institución.

Reyes es especialmente prolífico, y realizó una de las obras más extensas y de gran calidad de nuestra literatura. Es en esta etapa de su vida cuando realiza obras de gran relevancia, entre las cuales destaca *El deslinde: prolegómenos a la teoría literaria* (1944) y una gran cantidad de ensayos y estudios de diversa índole. De este tiempo es una serie de ensayos que tituló *Cartilla moral*, y que realizó por especial encargo del entonces secretario de Educación Pública, Jaime Torres Bodet. De esta breve pero trascendente obra, por su contenido y mensaje, es que he escogido uno de los ensayos en el que, a mi parecer, se refleja de manera brillante la enorme cultura de Reyes, lo interdisciplinar y lo complejo, unido a su capacidad de expresión.

A pesar de haber sido escrita en 1944, la *Cartilla moral* no se publicó sino hasta 1959 en el Archivo de Alfonso Reyes / (doble raya) / Serie C (Residuos) Número 1 / Cartilla Moral /1944/ México, 1952. Posteriormente hubo una edición del Instituto Nacional Indigenista (México, 1959), hecha a petición de Gastón García Cantú. Andrés Henestrosa, desde su columna en *El Nacional* (1959) da cuenta de la aparición de la edición en que aprecia el valor del contenido de la obra. Cuando esta edición se agotó, la viuda de Reyes hizo una edición con ligeras variaciones: "Impreso en imprenta comercial" (1962). Finalmente, se recogió en las *Obras Completas* de Alfonso Reyes (1979).

La *Cartilla moral* es el capítulo V del volumen XX de las *Obras completas* de Alfonso Reyes y consta de un Prefacio en el que aclara el propósito con que fue realizada. Era material para la "campaña alfabetica", emprendida en su momento por el secretario Bodet. Consta de catorce Lecciones, (numeradas con romanos), de las cuales las dos últimas son resúmenes de todo el contenido de la cartilla. Contiene preceptos para educar mediante la ética y la moral. Originalmente estaba dedicada a estudiantes adultos.

En el prefacio menciona el carácter breve de las lecciones y, lo que podemos interpretar como una intención interdisciplinaria, cuando dice: "dentro del cuadro de la moral abarcan nociones de sociología, antropología, política o educación cívica, higiene y urbanidad" (483). Menciona el propósito de ser explicativo, de procurar una mesurada amenidad, y también como:

se deslizan de paso algunas citas y alusiones que vayan despertando el gusto por la cultura y ayuden a perder el miedo a los temas clásicos, base indispensable de nuestra educación y en los que hoy importa insistir cada vez más. [...] Se ha usado el criterio más liberal, que a la vez es laico y respetuoso para las creencias (483).

Insiste en la brevedad, pero nos ha dejado aquí la intención de un verdadero ensayo: "las frases son sencillas; pero se procura que se relacionen unas con otras, para ir avezando al lector en el verdadero discurso y en el tejido de los conceptos" (483).

Las doce lecciones son breves ensayos y casi todas comienzan con una frase impactante a manera de hipótesis socrática: de la Lección I: "el hombre debe educarse para el bien" (484). De la Lección II: "el hombre tiene algo de común con los animales y algo de exclusivamente humano" (486). De la III: "la voluntad moral trabaja por humanizar más y más al hombre" (488). De la Lección IV: "la apreciación del bien, objeto de la moral, supone el acatamiento a una serie de respetos" (490). Con un fin didáctico organiza dichos respectos, objeto de las lecciones siguientes, en círculos concéntricos, (presente la tradición dantesca): el respeto que cada ser humano se debe a sí mismo (Lección V) (491); el respeto a la familia (Lección VI) (493), el respeto a la sociedad (Lección VII) (495), el respeto a la sociedad organizada como Estado (Lección VIII) (497), el respeto a la nación, la patria, (sin confundirla con el Estado) Lección IX (499), "no hagas a los demás lo que no quieras que te hagan" (Lección X) (501).

Nos detendremos en la Lección XI con el fin de destacar el mensaje de amor a la naturaleza y al planeta expresado por Reyes y que en este punto se toca, en ese paralelo extraño que fueron sus vidas, con el ensayo de Octavio Paz, arriba comentado.

Lo que ahora llamamos interdisciplinar, desde el enfoque del pensamiento complejo se percibe con gran dominio de la forma y el contenido en el ensayo Lección XI, de la *Cartilla moral* en que se identifican una serie de reflexiones sobre la ética que debe permear a la educación y, sobre todo, el manejo interdisciplinar del conocimiento, en un pensamiento ecologista universal, en un momento en que la palabra ecología no tenía el uso que le damos en la actualidad; Reyes aludía al amor hacia la naturaleza y el planeta:

este respeto al mundo natural que habitamos, a las cosas de la tierra, va creando en nuestro espíritu un hábito de contemplación amorosa que contribuye mucho a nuestra felicidad y que, de paso, desarrolla nuestro espíritu de observación y nuestra inteligencia. [...] Pero no debemos quedarnos con los ojos fijos en la tierra. También debemos levantarlos a los espacios celestes (500).

Y cierra esta lección con un pensamiento universal en donde confluyen el amor, el bien y la belleza como los más altos valores humanos:

el amor a la morada humana es una garantía moral, es una prenda de que la persona ha alcanzado un apreciable nivel del bien: aquel en que se confunden el bien y la

belleza, la obediencia al mandamiento moral y el deleite en la contemplación estética. Este punto es el más alto que puede alcanzar, en el mundo, el ser humano (500).

En la Lección XII alude a la voluntad que escapa a la del hombre, “al arrastre de las circunstancias”. Aquí se permite una libertad que también habla de que en el ensayo todo cabe, como él mismo había dicho: reproduce íntegro (puliendo la traducción él mismo) el poema *SI...* de Rudyard Kipling.

Las dos últimas lecciones resumen el contenido en dos partes: la XIII con relación al bien, y la XIV, con relación al respeto.

## Conclusiones

A lo largo de esta reflexión sobre el ensayo hemos encontrado muchas definiciones, desde la del propio Montaigne, hasta las de nuestros contemporáneos. A partir de ellas, y de la propia reflexión se puede intentar una más: el ensayo es un género literario, cuya expresión puede extenderse a lo periodístico. Es una expresión personal de las ideas de su autor-pensador, realizada en prosa que surge a partir de una reflexión razonada sobre un tema de interés del autor, que no lo agota, sino que más bien invita a la comunidad a la que va dirigido a continuar un debate o a realizar un comentario adicional, es decir, que contribuye a la construcción de un tema dado.

Los ejemplos que se han utilizado en el presente trabajo como modelos del ensayo, en los cuales confluyen diversas áreas del conocimiento, permiten considerar la posible expresión interdisciplinar amplia y libre desde el enfoque del pensamiento complejo.

El ensayo ha recorrido su propio camino, en ocasiones muy cercano a la expresión periodística, en la que la brevedad, la concisión y la claridad en el mensaje son indispensables; sin embargo, tiene un carácter más ligero, provisional y, hasta informal, no comprometido con el aparato crítico ni las opiniones “autorizadas”, sino como una expresión de la cultura del ensayista, quien la refleja a partir de sus propios referentes que incluyen una diversidad de conceptos (pensamiento complejo) que desemboca en un ensayo interdisciplinar. □

## Referencias

- Abbagnano, N. «Diccionario de Filosofía.» Actualizado y aumentado por Giovanni Fornero. México: Fondo de Cultura Económica, 2004.
- Adorno, Th. «El ensayo como forma.» En *Notas sobre literatura*. España: Akal, 1974.
- Amara, L. «El ensayo ensayo.» *Letras libres* (Edit. Vuelta), 2012: 22-27.

- Anderson Imbert, E. «Defensa del ensayo.» *Skirius*, 2006: 384.
- Barrón, Juan Carlos. «Reconstrucción del aprendizaje interdisciplinario: un viejo debate en un nuevo contexto.» *Interdisciplina* 1, nº 1 (2013): 131-140.
- Escalante, E. «Acerca de la supuesta hibridez del ensayo.» *La Jornada semanal*, 11 de Febrero de 2007.
- Henestrosa, Andrés. «Méjico.» 17 de julio de 1959: 10881, 3.
- Martínez, J. L. *El ensayo mexicano moderno*. México: Fondo de Cultura Económica, 1984.
- . *Los caminos del ensayista*. 1959. [www.alfonsoreyes.org](http://www.alfonsoreyes.org).
- Montaigne, M. *Ensayos escogidos*. México: UNAM, 2011.
- Morin, E. *El Método. 4 Las Ideas. Su hábitat, su vida, sus costumbres, su organización*. Cuarta edición. Madrid: Cátedra, 2006.
- . «Sobre la interdisciplinariedad.» *Boletín nº 2 del Centre International de Recherches et Etudes Transdisciplinaires (CIRET)*, París. 1992. [www.pensamientocomplejo.com.ar](http://www.pensamientocomplejo.com.ar).
- Paz, O. *Ideas y costumbres II. Usos y símbolos. Obras Completas Edición del autor, tomo 10*. México: Círculo de lectores, Fondo de Cultura Económica, 1996.
- Reyes, A. *El deslinde: prolegómenos a la teoría literaria*. Vol. XV, de *Obras Completas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1944 [1979].
- . *Las nuevas artes*. Vol. IX, de *Obras Completas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1979.
- . *Los trabajadores y los días*. Vol. IX, de *Obras Completas*, 402-403. México: Fondo de Cultura Económica, 1994a.
- Reyes, A. y O. Paz. *Correspondencia Alfonso Reyes/Octavio Paz (1939-1959)*. México: Fondo de Cultura Económica, 1998.
- Skirius (Comp.). *El ensayo hispanoamericano del siglo XIX*. México: Fondo de Cultura Económica, 2006.
- Weinberg, Liliana. *El ensayo, entre el cielo y el infierno*. México: UNAM, 2001 [1971].
- . *Pensar el ensayo*. México: Siglo XXI editores, 2006a.  
([www.jornada.unam.mx/2007/02/11/sem-evodio.html?#directora](http://www.jornada.unam.mx/2007/02/11/sem-evodio.html?#directora))
- . *Situación del ensayo*. México: Centro Coordinador y Difusor de Estudios Latinoamericanos, UNAM, 2006b.

# Colaboran en este número

## Elena Álvarez-Buylla Roces

Bióloga y maestra en ciencias por la Facultad de Ciencias de la UNAM. Doctora en ciencias (genética y botánica) por la Universidad de California, Berkeley, Estados Unidos, y formación posdoctoral en la misma Universidad. Su trabajo ha sido reconocido ampliamente en el ámbito nacional e internacional. Es Investigadora Nacional Nivel III, adscrita al Instituto de Ecología de la UNAM y dirige el laboratorio de Genética Molecular, Desarrollo y Evolución de Plantas. Su área central de investigación es la genética molecular del desarrollo y evolución de plantas, interesada en contribuir al entendimiento de los mecanismos moleculares del desarrollo, con énfasis en aquellos responsables de regular el equilibrio entre proliferación y diferenciación celular. Es fundadora de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C.

258

## Paula Cruz

Arquitecta por la Universidad de la República, Uruguay y diseñadora industrial por el Centro de Diseño Industrial. Es estudiante de la maestría de Enseñanza Universitaria. Sus líneas de trabajo relacionan la formación en diseño y el diseño para la inclusión social. En la Unidad Académica participa desde 2009 en diversas instancias de investigación y promoción de la investigación interdisciplinaria.

## José Dávila-Velderrain

Licenciado en biotecnología genómica por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL y candidato a doctor en Ciencias Biomedicas por la UNAM. Sus intereses de investigación se centran en el estudio del comportamiento celular y la evolución como una manifestación inevitable de las propiedades estocásticas y no lineales intrínsecas a los procesos naturales, así como en dar soporte y explotar esta perspectiva mediante el modelado de datos a nivel genómico con fines predictivos. En la actualidad es estudiante de doctorado en el Instituto de Ecología de la UNAM.

## Fabrizio Guerrero McManus

Estudió la carrera de biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM; ganó una medalla de bronce en la décima Olimpiada Internacional de Biología, celebrada en Uppsala, Suecia. Realizó estudios de maestría en el posgrado en filosofía de la ciencia de

la UNAM, obteniendo el premio Normal Sverdlin a la mejor tesis en filosofía a nivel maestría en el año 2006, así como la medalla Alfonso Caso al mérito universitario. Actualmente es estudiante doctoral en ese mismo posgrado y escribe su tesis sobre el tema de la homosexualidad como objeto de estudio en la biología contemporánea.

### Eva Jablonka

Profesora en el Instituto Cohn de Historia de la Filosofía de la Ciencia y de Ideas en la Universidad de Tel Aviv, es conocida por sus estudios sobre la herencia epigenética. Su énfasis en las formas no genéticas de la evolución ha recibido el interés de los que tratan de ampliar el alcance del pensar evolucionista en otras esferas. En 2005, en coautoría con Marion Cordero publica el libro: *Evolución en cuatro dimensiones: Genética, epigenética, conductual y de variación simbólica en la historia de la vida*, que es considerado por algunos como la vanguardia de una revolución en curso dentro de la biología evolutiva.

### Lev Jardón Barbolla

Estudió biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM y luego el doctorado en ciencias en el Instituto de Ecología de la UNAM. Sus áreas de interés son la biología evolutiva y la genética de poblaciones; le gusta dar cursos relacionados con esos campos. Ha estudiado la historia de la distribución de los pinos en la Cuenca del Caribe usando marcadores moleculares de cloroplasto. Le interesa mucho el trabajo con coníferas y árboles en general y analizar el proceso de domesticación de las plantas cultivadas desde un punto de vista evolutivo y genético, en su relación con la dimensión política del valor de uso. Cada vez que puede regresa a ese tema y a veces tiene suerte y aprende algo de los campesinos.

### Ivonne Kuri

Bióloga, profesora de Asignatura A, en el departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNAM.

### Ehud Lamm

Filósofo e historiador de la biología. Estudia cuestiones fundamentales combinando la biología teórica, el modelado y análisis filosófico. Además del Instituto Cohn de Historia y Filosofía de la Ciencia, está afiliado a la Escuela Sagol de Neurociencia de la Universidad de Tel Aviv y la Escuela Porter de Estudios Ambientales, también de la Universidad de Tel Aviv. Sus investigaciones actuales son la evolución del genoma, la evolución de la lengua, las normas, modelos científicos y narraciones evolutivas.

**Richard “Dick” Levins**

Es genetista de poblaciones y ecologista matemático que ha investigado la diversidad en las poblaciones humanas. Es profesor universitario en la Escuela de Salud Pública de Harvard y activista político. Conocido por su trabajo sobre la evolución en el cambio de los ambientes y en metapoblaciones. Con el genetista evolutivo Richard Lewontin, han escrito una serie de artículos sobre la metodología, filosofía, y las implicaciones sociales de la biología. Muchas de ellas se recogen en *El biólogo dialéctico*. En 2007, el dúo publicó una segunda colección temática de ensayos titulada *Biología Bajo la Influencia: Ensayos dialécticas sobre Ecología, Agricultura y Salud*.

**Claudio Martínez Debat**

Doctor en biología molecular y celular y químico farmacéutico. Trabaja en el Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay. Integró hasta el 2013 la Comisión Directiva del Espacio Interdisciplinario, Udelar. Sus temas principales de investigación son la trazabilidad molecular alimentaria (detección mediante ADN de especies animales y vegetales en alimentos) y detección de organismos genéticamente modificados en alimentos y cultivares; la conservación de la biodiversidad y la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Es divulgador científico, además músico y compositor.

**Diego Méndez Granados**

Doctor en historia y filosofía de la ciencia, UAM- Iztapalapa. Maestro en ciencias (biología) en la Facultad de Ciencias, UNAM. Profesor en la unidad de enseñanza: “Grandes paradigmas científicos”, UAM-Cuajimalpa, División de Ciencias Sociales y Humanidades. De sus publicaciones destaca: “Poblaciones de modelos y dinámicas científicas” en *Treinta años de estructuralismo: resultados y perspectiva*, Universidad Veracruzana.

**Julio Muñoz Rubio**

Doctor en Filosofía, Universidad Autónoma de Barcelona, Maestro en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, Biólogo, Facultad de Ciencias, UNAM. Entre sus últimas publicaciones se encuentran: *Alimentos Transgénicos, Ciencia, Ambiente y Mercado: un Debate Abierto. Una Crítica a las Raíces del Concepto Capitalista de Escasez* (T. Malthus, D. Hume, A. Smith y C. Darwin). *Sociobiología: Pseudociencia para la Hegemonía Capitalista*; más recientemente coordino el libro *Totalidades y complejidades; crítica a la ciencia reduccionista* (2014).

**María de Lourdes Pastor Pérez**

Licenciada en letras hispánicas, maestra en letras (literatura española) y doctora en literatura española por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Es profesora

titular y exdirectora de la Escuela Nacional Preparatoria y profesora titular en la maestría en Derecho. Ha sido distinguida con la Cátedra “Pedro Henríquez Ureña”, otorgada por la Escuela Nacional Preparatoria, y con la “Bandera de la República Española”.

### **Lorena Repetto**

Licenciada en ciencia política por la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, Uruguay. Estudiante de la maestría en ciencias humanas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (Udelar). Es docente ayudante de la Unidad Académica del Espacio Interdisciplinario. Ha investigado sobre las políticas de drogas en el Uruguay y, actualmente, se encuentra trabajando en la interfaz cine, política y lenguaje desde un enfoque interdisciplinario.

### **Steven Rose**

Profesor emérito de biología y neurobiología en la Universidad Abierta y Gresham College de Londres. Estudió bioquímica en el Kings College, Cambridge y neurobiología en Cambridge y el Instituto de Psiquiatría, del Kings College de Londres. Ha publicado más de 300 trabajos de investigación y revisiones; varios libros de divulgación científica y escribe regularmente para *The Guardian*. Su trabajo le ha ganado numerosas medallas y premios, incluyendo la medalla de Bioquímica de la Sociedad para la comunicación de la ciencia y la prestigiosa Medalla de Edimburgo. Su libro *The Making of Memory* ganó el Premio de Ciencias libro en 1993. En 2012, la Asociación Británica de Neurociencias le dio un premio a su trayectoria.

### **Emily A. Schultz**

Antropóloga cultural con intereses en el lenguaje, la economía política y la ciencia. Su investigación de campo original en 1976 versó sobre el cambio de identidad étnica en el norte de Camerún. En los últimos 30 años ha vivido y trabajado en América Latina (Venezuela, Ecuador y Costa Rica). Recientemente ha escrito sobre las formas en que se podría utilizar el concepto de construcción de nicho para reformular las conexiones entre la biología evolutiva, la ecología y los estudios antropológicos culturales de la vida social, cultural y el cambio político. Es coautora de tres libros de texto en antropología y publicó un libro comparando las teorías del lingüista antropológico Benjamin Whorf y el crítico literario ruso Mikhail Bakhtin.

### **Bianca Vienni Baptista**

Licenciada en ciencias antropológicas, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de la República (Udelar). Doctora en gestión y conservación del patrimonio por la Universidad de Granada, España. Docente de la Unidad Académica del Espacio Interdisciplinario, e investigadora asociada del Laboratorio de

Arqueología del Paisaje y Patrimonio de Uruguay. Responsable del proyecto “La socialización del conocimiento científico como problema interdisciplinario: el caso del patrimonio arqueológico de Uruguay”.

## Instructivo para la presentación de artículos

**INTERdisciplina** publica artículos que son resultado de investigación interdisciplinaria y reflexión crítica mediante la interacción entre las ciencias y las humanidades, sobre los grandes problemas nacionales y mundiales generando propuestas para su solución. Reflexiones argumentadas sobre las implicaciones del trabajo interdisciplinario desde una perspectiva teórica, epistemológica, metodológica y/o práctica. Análisis de las ideas de transformación de las formas de pensamiento y organización del conocimiento y los saberes en el siglo XXI. Análisis críticos sobre el proceso de integración del conocimiento.

Los artículos se deben enviar en formato Word a través de la dirección electrónica: [rev.interd@unam.mx](mailto:rev.interd@unam.mx)

### *Características y estructura*

Los artículos deben ser inéditos y no deben estar en proceso de evaluación de otra publicación.

- Extensión: el texto no debe exceder 60 000 caracteres (25 cuartillas: página tamaño carta, fuente Times New Roman, 12 puntos, interlineado de 1.5 líneas, márgenes 2.5 × 2.5 × 2.5 cm).
- Resumen: los artículos escritos en un idioma distinto al español deberán presentar el resumen en inglés. La extensión máxima será de 200 palabras.
- Palabras clave: los artículos escritos en un idioma distinto al español deberán presentar las palabras clave en inglés. Éstas deben tener un carácter temático.
- Datos del autor(es): deben incluir nombre y apellidos, correo electrónico, adscripción institucional, así como la formación académica.

### *Referencias*

- Citas: se deben presentar acorde al *Manual de Estilo Chicago* 15<sup>a</sup> edición. Éstas deben estar incorporadas en el texto señalando, entre paréntesis, en el siguiente orden:

Apellido de las y los autores y el año de publicación. En el caso de citas textuales, se indicará la página de la referencia.

Ejemplos:

(Hobsbawm 1995, 140)

(Dagnino, Olvera y Panfichi 2010, 220)

- Referencias bibliográficas: se deben presentar al final del artículo, en orden alfabético acorde al primer apellido de las y los autores.
- Notas a pie de página: fuente Times New Roman, 10 puntos e interlineado sencillo.

Ejemplos:

i. *Libro de un autor*: Hobsbawm, Eric. *Historia del siglo XX*. Barcelona: Crítica, 1995.

ii. *Libro de dos o más autores*: Dagnino, Evelina, Alberto Olvera, y Aldo Panfichi. *La disputa por la construcción democrática en América Latina*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2010.

iii. *Sección de libro*: Álvarez, Sonia E. «Los feminismos latinoamericanos se globalizan: tendencias de los 90 y retos para el nuevo milenio.» En *Política cultural y cultura política. Una nueva mirada sobre los movimientos sociales latinoamericanos*, editado por Arturo Escobar, Sonia E. Álvarez and Evelina Dagnino, 345-380. Bogotá: Taurus; ICANH, 2001.

iv. *Artículo de revista*: Levitsky, Steven, y Lucan Way. «Elecciones sin democracia. El surgimiento del autoritarismo competitivo.» *Estudios Políticos* nº 24, (2004): 159-176.

v. *Artículo de periódico*: Reuter. «Renuncia Benedicto XVI “por falta de fuerzas”.» *La Jornada*, 11 de febrero de 2013: 1-2.

### *Figuras e ilustraciones*

Deben entregarse en un archivo anexo indicando las páginas en las que deben insertarse. Las imágenes deben señalar el autor(a) y la fuente. Las tablas y gráficas deben entregarse en archivo Excel indicando las páginas en las que deben insertarse.

## Guidance for authors

**INTERdisciplina** publishes papers which are the result of interdisciplinary research and critical reflection involving the interaction between science and the humanities, concerning major national and global issues, and generating propositions for their solution. Also, reasoned reflections on the implications of interdisciplinary work from theoretical, epistemological, methodological and practical points of view, and analyses of conceptions of the transformation of thought forms and organization of knowledge and learning in the twenty first century. Critical analyses of processes involved in the integration of knowledge are also welcome.

Papers should be submitted in Word format to [rev.interd@unam.mx](mailto:rev.interd@unam.mx)

264

### Characteristics and structure

Papers should be unpublished and not in any evaluation process by other journals.

- *Length.* Text should be no longer than 60,000 characters (25 A4 pages, in 12 point Times New Roman font, with 1.5 line spacing and 2.5 × 2.5 × 2.5 × 2.5 cm margins).
- *Summary.* Papers written in any language other than Spanish should enclose a summary in English. Maximum length of same should be 200 words.
- *Keywords.* Papers written in any language other than Spanish should present key words in English. These should be thematic.
- *Author information.* Should include author's full name and surnames, email, institutional affiliation, as well as academic degrees.

### References

- *Quotes.* Should be presented according to the *Chicago Style Manual*, 15<sup>th</sup> Ed. Quotes should be included in text, followed in brackets by, in the following order: surname(s) of the author(s) and year of publication. In the case of verbatim quotes, page of reference should be indicated.

Examples:

(Hobsbawm 1995, 140)

(Dagnino, Olvera and Panfichi 2010, 220)

- *Bibliographic references* should be enlisted at the end of the paper, in alphabetical order, according to the first surname of the author(s).
- *Footnotes*, numbered or not, as necessity dictates, should be entered at the bottom of each page. Font: 10 point Times New Roman, with single spacing.

Examples:

i. *Book by one author:* Hobsbawm, Eric. *Historia del siglo XX.* Barcelona: Crítica, 1995.

ii. *Book by two or more authors:* Dagnino, Evelina, Alberto Olvera, and Aldo Panfichi. *La disputa por la construcción democrática en América Latina.* México D.F.: Fondo de Cultura Económica, 2010.

iii. *Section of a book:* Álvarez, Sonia E. «Los feminismos latinoamericanos se globalizan: tendencias de los 90 y retos para el Nuevo milenio». In *Política cultural y cultura política. Una nueva mirada sobre los movimientos sociales latinoamericanos*, edited by Arturo Escobar, Sonia E. Álvarez y Evelina Dagnino, 345-380. Bogotá: Taurus; ICANH, 2001.

iv. *Article in a journal:* Levitski, Steven, and Lucan Way. «Elecciones sin democracia. El surgimiento del autoritarismo competitivo». *Estudios políticos* nº 24, (2004): 159-176.

v. *Article in a newspaper:* Reuter. «Renuncia Benedicto XVI "por falta de fuerzas"». *La jornada*, February 11, 2013: 1-2.

### Figures and illustrations

Should be presented in a separate file, indicating the pages in which they must be inserted. All images must mention the author and the source. Tables and graphs should be presented in an Excel file, indicating the pages in which they must be inserted.

# INdExRplina

Volume 3 / Number 5 / January–April 2015

## Articles published online in their original language

### *Dossier*

- *Linear Causation Schemes in Post-genomic Biology: The Subliminal and Convenient One-to-one Genotype-Phenotype Mapping Assumption . . . . .* 267  
José Dávila-Velderrain and Elena Álvarez-Buylla Roces
- *Lamarck's Two Legacies: A 21st-Century Perspective on Use-Disuse and the Inheritance of Acquired Characters . . . . .* 281  
Ehud Lamm and Eva Jablonka
- *Niche Construction and the Study of Culture Change in Anthropology: Challenges and Prospects . . . . .* 303  
Emily A. Schultz

### *Cardinal Voices*

- *On the Crisis of the Concept of Gene, and Levels of Organization of Matter . . . . .* 329  
Steven Rose
- *Approaching Science From Asymmetry, Irregularity and Subversion . . . . .* 337  
Richard Levins



José Dávila-Velderrain\* and Elena Álvarez-Buylla Roces\*\*

# Linear Causation Schemes in Post-genomic Biology: The Subliminal and Convenient One-to-one Genotype-Phenotype Mapping Assumption

**Abstract** | In this essay we question the validity of basic assumptions in molecular biology and evolution on the basis of recent experimental data and through the lenses of a systems and nonlinear perspective. We focus our discussion on two well-established foundations of biology: the flow of information in molecular biology (i.e., the central dogma of molecular biology), and the “causal” linear signaling pathway paradigm. Under both paradigms the subliminal assumption of a one-to-one genotype-phenotype mapping (GPM) constitutes an underlying working hypothesis in many cases. We ask if this is empirically sustainable in post-genomic biology. We conclude that when embracing the notion of complex networks and dynamical processes governing cellular behavior—a view now empirically validated—one-to-one mapping can no longer be sustained. We hypothesize that such subliminal and sometimes explicit assumption may be upheld, to a certain degree, because it is convenient for the private appropriation and marketing of scientific discoveries. Hopefully, our discussion will help smooth the undergoing transition towards a more integrative, explanatory, quantitative and multidisciplinary systems biology. The latter will likely also yield more preventive and sustainable medical and agricultural developments, respectively, than a reductionist approach.

267

**Keywords** | post-genomic biology – genotype-phenotype mapping – genetic determinism – flow of genetic information

## Introduction

SCIENCE IS MOSTLY PRACTICED out of consensus. Scientific progress, however, is also sustained by the continual challenge to accepted ideas. Unstated agreements break from time to time, and then—some say—a transition, a so-called paradigm

---

\* Instituto de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: jdjosedavila@gmail.com

\*\* Centro de Ciencias de la Complejidad-Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: eabuylla@gmail.com

shift, occurs (Kuhn 2012 [1962]). In the last decades, several authors have discussed the possibility of a paradigm shift in biology, given the apparent crisis of some of its foundational principles. (Wilkins 1996; Strohman 1997; O’Malley and Boucher 2005). In this paper, we would instead like to substantiate that a large portion of mainstream biological research subliminally embraces particular assumptions that are empirically unsustainable in this post-genomic era. Some of these assumptions are so deeply rooted that they still permeate the design, interpretation and description of a wide range of biological research at the molecular level, although, if explicitly confronted, anyone would dismiss them.

*We also include in the term post-genomic several features that characterize modern biology: (1) abundance of experimental molecular data, (2) access to systematic ways of characterizing cellular phenotypic states, and (3) a tendency to produce quantitative data and to formulate mathematical/computational models.*

*Consequently, in our view, post-genomic biology is necessarily multidisciplinary, integrative, formal, and quantitative*

Routinely we look for single, “causal” mutations responsible for complex phenotypes and assume that by finding the molecular basis of a mutation that is correlated to a particular condition, the emergence of the latter is explained. Importantly, such rationale implies that in most cases a one-to-one relationship will be possible. By extending such assumptions we define signaling pathways as autonomous entities instructing the cell how to behave under a particular condition. If pathological behavior arises, we look for the source of incorrect instructions: the mutated component or pathway. We automatically interpret any manifestation of a *learned* feature, such as drug resistance, as the consequence of the optimization principles of (*Darwinian*) adaptation by means of “random” mutation and selection. Is this recurrent bias towards *ad hoc* explanations based solely on plausibility given the evidence, or is it the mere consequence of a naively

inherited tradition? We consider that an explicit presentation of some of the assumptions in light of post-genomic empirical data, and through the lenses of a systems, nonlinear perspective to biology, will clarify this question. This may prove useful for current biology students and scientists interested in multidisciplinary research.

A first necessary detour: *What do we mean by post-genomic biology?* The availability of complete genome sequences (and also transcriptomes, proteomes, metabolomes, etc) obviously impacted biological research, enabling new levels of interrogation –as well as unmasking new sources of empirical support (rejection) for otherwise assumed facts. Here, however, besides access to genome-wide data, we also include in the term *post-genomic* several features that characterize modern biology: (1) abundance of experimental molecular data, (2) access to systematic ways of characterizing cellular phenotypic states, and (3) a tendency to produce quantitative data and to formulate mathematical/computational models. Consequently, in our view, *post-genomic biology* is necessarily multidisciplinary, integrative, formal, and quantitative.

## The Most Basic, Naive Assumption: The One-to-One GPM

Nowadays, it is common to think about the relationship between genotypes and phenotypes in terms of some kind of complex mapping (Kauffman 1993; Mendoza and Álvarez-Buylla 1998; Wagner and Zhang 2011; Davila-Velderrain and Álvarez-Buylla 2014; Ho and Zhang 2014). The concept of a “genotype-phenotype map” can be traced back to Alberch, who elegantly proposed a model based on the principles of systems dynamics to express the inadequacy of what some call (molecular) *genetic determinism*, i.e., the assumption that genes directly determine phenotypes (Alberch 1991). Equally limited would be to assume an *epigenetic determinism*. Importantly, such A gene-centered assumption is the conceptual basis of the often invoked metaphors of a ‘genetic blueprint’ or a ‘genetic program’ (Pigliucci 2010). Furthermore, it also implies a linear relationship between genotypes and phenotypes; in other words, a *one-to-one* mapping. This simplistic model is attractive, since it naturally embraces a cause-and-effect interpretation, which makes it intuitively appealing. But if we think about this assumption of *one genotype specifically producing a particular phenotype*, we have to address how such a simplistic view can fit any observation. Nonetheless, this one-to-one model is still at the basis of most mainstream programs of biomedical or biotechnological developments (e.g., transgenic crops).

A second necessary detour: *what genotype and phenotype?* In the epistemology of evolution and biology, in general, it is common to talk about genotype and phenotype as absolute terms. But these can be defined at different levels, and in practice genotype and phenotype distinctions are just partial and dynamical (Lewontin 2011). In post-genomic biology this distinction is commonly aided by the use of simple GPM models (see, for example Soyer 2012). Consequently, there is not only one type of genotype and phenotype. A GPM model can be specified in different ways. For the sake of this essay we establish

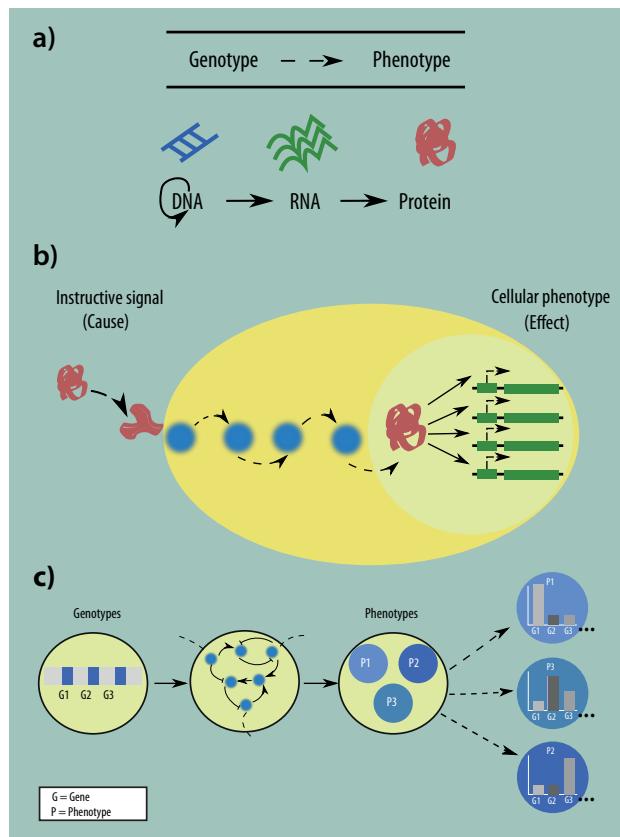
that the genotype will be represented by a gene regulatory network (GRN) and the phenotypes by a gene expression profile or configuration (see below). Nevertheless, it is noteworthy that in the current era of next-generation sequencing (NGS) and single-cell biology, the empirical characterization of the complete genotypes of multiple individual cells is becoming feasible. Unfortunately, for both conceptual and technical reasons, the same cannot be said for phenotypes—although specific systematic phenotyping strategies are under development (see, for example Houle et al. 2010; Hancock 2014).

## One-to-One Genotype-Phenotype Mapping and the Central Dogma

Crick declared “the central dogma of molecular biology” first in 1958 and then it was reiterated once again in 1970 (Crick 1958, 1970). In simple terms, the *dogma* posits that information flows within cells from DNA to RNA to proteins; and, as a result, the cellular phenotype is determined (Shapiro 2009). The simplifications involved in the model have been already questioned from an information viewpoint, concluding that discoveries in the last decades have made the dogma untenable (Shapiro 2009). Here we focus instead on the cemented role of the dogma regarding the implicitly assumed linear and unidirectional scheme of causation of molecular phenotypes. According to an explicit interpretation of the dogma one gene encodes for one protein, which somehow determines one observable trait (i.e. phenotype). This simplistic view can be framed effectively into a one-to-one GPM model (see Figure 1a). How do we define a phenotype? Here a phenotype is assigned to a molecule, a protein, because it is said to have a *function*. This function should be then an observable characteristic of the cell (organism). Therefore, the first one-to-one GPM to discuss would be: a gene (i.e., the genotype) codes for a protein, which performs a specific function that determines an observable characteristic (i.e., the phenotype).

## Is this One-to-One (Gene-to-Function) Model Empirically Sustainable in Post-Genomic Biology?

A first difficulty that we can think of is conceptual in nature. What do we mean by *function*? Defining a function in biology is not trivial (Huang 2000; Huneman 2013; Brunet and Doolittle 2014, Doolittle *et al.* 2014). First of all, the function assignment can be given to entities at multiple levels of molecular organization; such as gene, protein, protein domain, protein complex, or pathway (Huang 2000). In the last years, researchers in the areas of genomics and epigenomics are even advocating the mapping of function at genome-wide level and single-nucleotide resolution (Kellis *et al.* 2013). For the sake of concreteness, let us



**Figure 1.** Schematic representation of the GPM exposed in the main text. a) One-to-one GPM model representing the central dogma of molecular biology: a gene (i.e., the genotype) codes for a protein, which performs a specific function that determines an observable characteristic (i.e., the phenotype). b) One-to-one GPM model representing the causal linear signaling pathway paradigm: genes code the proteins involved in the pathway (genotype), and these map one specific molecular signal (instruction) to a one specific cellular phenotype. c) A non-linear GPM representing cell phenotype specification by GRN dynamics: genes in a single genome (genotype) interact in complex GRNs whose regulatory interactions ultimately determine observable cell phenotypes.

just focus on function at the protein level. Although what we define as protein function is most of the times conditional on the context –i.e., cellular environment– (Huang 2000), for the purpose of our discussion, let us also assume that a protein function can be invariably assigned. Thus, in the simple one-to-one model, one gene is invariably linked to a specific function through the action of a protein.

According to the most recent assembly version of the human genome in Ensembl database (<http://www.ensembl.org/>), humans have 20,389 coding genes, 9,656 small noncoding genes and 14,470 long non-coding genes. A first obvious observation is that not all genes code for proteins. Two post-genomic facts: (1) most of the human genome is non-protein-coding (Alexander *et al.* 2010), and (2) transcription occurs much more often than anticipated (Carninci *et al.* 2005; Cheng *et al.* 2005). Do the genes that do not encode proteins also define a phenotype? Well, probably, in some way; but surely not by means of a one-to-one GPM, given the emerging view that non-coding transcription is tightly linked to

gene regulation and cell-type specification (Natoli and Andrau 2012). For example, it was recently shown that RNA transcribed from enhancers, the so-called eRNA, is able to regulate transcription (Plosky 2014). As we will see below, gene regulation in itself is the core mechanism behind the definition of gene regulatory networks; it is also fundamental for understanding network collective behavior. Conceptualizing cell behavior in terms of molecular networks, in turn, represents a complete deviation from a one-to-one GPM (see below).

*Recent assembly version of the human genome in Ensembl database, humans have 20,389 coding genes, 9,656 small noncoding genes and 14,470 long non-coding genes. A first obvious observation is that not all genes code for proteins. Two post-genomic facts: (1) most of the human genome is non-protein-coding and (2) transcription occurs much more often than anticipated. Do the genes that do not encode proteins also define a phenotype?*

example Huang 2002). This empirical fact again is not consistent with what we would expect by extension of the dogma.

Beyond curiosity awakened by newly generated genomic data, a more serious drawback of the one-to-one GPM associated with the *central dogma* is that it completely ignores gene interactions (Tyler *et al.* 2009). Epistasis refers to the phenomenon in which the functional effect of one gene is conditional on other

genes (Phillips 2008), whereas *Pleiotropy* refers to one function being affected by multiple genes (Stearns 2010); these two phenomena are well-established facts (and concepts) in classical and modern genetics (Lehner 2011; Wagner and Zhang 2011). Nowadays such genetic interactions are being studied systematically at a genomic scale. For example, it is now possible to test millions of different combinations of double mutants and to evaluate their effects on a quantifiable function, as Costanzo and colleagues did using the budding yeast, *Saccharomyces cerevisiae* (Costanzo *et al.* 2010). Studies such as this one have clearly shown that the effect of one gene on a specific phenotype depends on the activity (or lack thereof) of many other genes. In this sense, a *genetic* interaction is defined on the base of this conditional functional effect. Although a careful discussion of epistasis and pleiotropy is beyond the scope of this paper, it is noteworthy that such mechanisms are closely related with two undeniable types of experimental evidence: (1) very different results can be produced from a nearly identical set of genes or the same genotype can produce contrasting phenotypes, and (2) virtually identical phenotypic end points can be reached by using extremely different genotypes. Evidently, these facts do not fit a one-to-one GPM. Although seemingly paradoxical, both statements can be perfectly reconciled by considering a many-to-many GPM model in which interactions among genetic and non-genetic components are explicitly considered; a view much more consistent with how living, adaptable systems behave and evolve.

## One-to-One Mapping and Signaling Pathways

Extending the one-to-one view to a higher level, molecular biologists apply it to associating an altered signaling pathway to a particular phenotypic condition. Extracellular signals are transmitted by intermediary to effector proteins; which eventually activate the sets of genes responsible for the establishment of “*appropriate*” phenotypes. Note that the term pathway by itself makes reference to a group of events that occur orderly along a single *line*. Thus, in a sense, this multi-molecular model continues the *dogmatic* idea of linear, unidirectional information transfer. Thereby, in our view, it also effectively constitutes a one-to-one GPM (see figure 1b). Genes encode the proteins involved in the pathway (genotype), and these map unto one specific molecular signal (instruction) to one specific cellular phenotype. The linear property of signaling pathways also implies unidirectional cause-and-effect: a given instructional signal is thought to directly cause a phenotypic manifestation. Biologists have traditionally taken this simple pathway picture as a valid explanation at the molecular level for many cellular phenotypes. Not even a one-to-one approach to associate a network with a phenotype is valid (see below).

## Is this One-To-One (Signal-to-Phenotype) Model Empirically Sustainable in Post-Genomic Biology?

Similar questions as the ones raised above can be posed here. For instance, are there enough signaling pathways for the number of possible extracellular cues? Is there a direct, one-to-one, relationship among signals and phenotypes? If so, why do cellular phenotypes (i.e. cell types) seem to be discrete while, for example, signals carried by soluble growth factors display concentrations subject to continuous variation? And, more importantly, how and why are cellular phenotypes maintained after the signal has ceased? As we will explain below, rethinking cell behavior as the result of constraints imposed by regulatory interactions of complex molecular networks is useful to address these questions.

The genomic explosion has led to the brute-force characterization of molecular components and their interactions, which are now being integrated in large databases (Chatr-aryamontri *et al.* 2013). As expected, efforts have also tried to classify such components in genome-wide collections of signaling pathways in multiple organisms (Schaefer *et al.* 2009, Croft *et al.* 2010). What has been learned? Does the exhaustive characterization of pathways enable understanding of cellular phenotypes and their plasticity? In analogy to the failure of the pre-genomic prediction that by characterizing all the genes of an organism one will understand the genome-encoded rules instructing its behavior; listing molecular components and their interactions in pathways has only uncovered a picture that is much more complex than anticipated. But phenotypic manifestations are far from being explained by means of linear chains of molecular causation (Huang 2011)—or, in other words, of linear associations rather than explanatory models.

Decades of experimentation have shown that there is extensive crosstalk between the individually characterized signaling pathways. Accordingly, the phenomena of epistasis and pleiotropy explained above are naturally extended at the pathway level. While several different pathways can converge to specific phenotypes, one specific pathway and molecular signal can also produce different phenotypes depending on the context (Huang 2000). These observations suggest cross interactions beyond linear cascades. On the other hand, an effect similar to the one “caused” by a specific molecular signal can be produced by nonspecific stimuli or even in a stimulus-independent manner. For example, mechanical stimuli such as those induced by cell shape alterations can induce specific cell phenotypes without any molecular elicitor or genetic change (Huang 2000). On the other hand, given the intrinsic stochasticity of both extra- and intra-cellular biochemical reactions, cells in a lineage-specific manner can assume different and heritable phenotypes either in the absence of an associated genetic or environmental difference or by processing stochastic, nonspecific

environmental cues (Perkins and Swain 2009; Balázsi *et al.* 2011). These facts render a mechanistic explanation by means of the one-to-one GPM at the pathway level untenable, as well. The inevitable plasticity of cell behavior and the robustness of observed phenotypic manifestations call for an alternative explanatory model. We argue below that the formal perspective of cell behavior as an emergent property of the constraints imposed by gene regulatory networks provides an alternative view to how genotypes map unto phenotypes, providing a starting point for addressing otherwise highly complex processes.

## Beyond the One-to-One GPM: A Network Dynamics Perspective

How do the two views (gene and signaling pathway to function one-to-one mapping) above stand in post-genomic, systems biology? Genes, encoded proteins, and linear signaling pathways are actually embedded in complex networks of genetic and non-genetic components which generally have various positive and negative feedback loops and dynamical behavior. We focus here on gene regulation, which is the basis for conceptualizing gene interactions, the fundamental property underlying nonlinear, gene regulatory networks. The concept of gene regulation itself, which is nothing new, is not consistent with a one-to-one GPM, because it implies that the phenotypic effect of one gene function will depend on the activity of other genes regulating it. Although explicit awareness of the fact that the genes coding for all the proteins in the cell are necessarily regulated by some other regulatory proteins, which are themselves also regulated, seems overwhelming; such realization can be succinctly represented in qualitative gene regulatory network (GRN) models. These are becoming very useful to follow and understand the concerted action of multiple interacting components.

A common working model in systems biology is that in which the genome is mapped directly to a GRN, and the cellular phenotype is represented by the activity of each of its genes, its expression pattern. Thus in a genotype-phenotype distinction based on GRN dynamics, a network represents effectively the genotype of the cell, while its associated expression profile represents its phenotype (Davila-Velderrain and Álvarez-Buylla 2014). The structure of the genome (and network) remains virtually constant through development while the cellular phenotype changes. Why are phenotypic changes observed through development in such robust and reproducible patterns?

The genomic nature of the GRN implies a physically coded structure, by means of which the network naturally constrains the permissible temporal behavior of the activity of each gene. For example, a specific gene  $a$  is regulated by a specific set of genes. Given the activity state of these regulators and the functional form of the regulation, each time gene  $a$  will be channelled to take

specific future states. This simple regulatory rule applies simultaneously to all the genes producing a self-organizing process that would inevitably lead to the establishment of only those cellular states (phenotypes), which are logically consistent with the underlying regulatory logic. Hence, the GRN imposes constraints on the behavior of the cell. The observed robustness and reproducibility of cell behavior emerges naturally as a self-organizing process. Any source of extracellular (non) specific inductive stimulus would inevitably converge to one of the phenotypic states which are logically consistent with the underlying regulatory logic of the network being considered.

The rationale briefly exposed above has been exploited to propose GRNs grounded on experimental data for understanding how cell-fate specification occurs during, for example, early flower development (See Mendoza and Álvarez-Buylla 1998; Espinosa-Soto *et al.* 2004; and an update in Sanchez-Corrales *et al.* 2010), and root stem cell patterning (Azpeitia *et al.* 2010); and it is now supported by a wealth of consolidated theoretical and experimental work (see, for example Huang *et al.* 2005; Azpeitia *et al.* 2014).

Importantly, in contrast to the assumptions implicit in the one-to-one GPM, interactions in the network are fundamental to the establishment of the phenotype, and thus the effect of a mutation on the manifested phenotype will be conditional on the network context of the gene under consideration (Davila-Velderrain *et al.* 2014). Given that the multitude of observed robust cellular phenotypic states would depend on network constraints due to gene regulatory interactions, the orchestrating role of GRNs effectively constitutes a many-to-many (*non-linear*) GPM, in which most components can, at the same time, constitute both causes and effects (Figure 1c).

## **Blind, Indifferent or market-oriented Biomedical and Biotechnological Research?**

Notwithstanding all the evidence produced by almost two decades of post-genomic research, the subliminal presence of the over-simplified one-to-one GPM, although most of the time it is not credited, is undeniable. It is implicitly assumed as a main goal driving mainstream biomedical research that genes cause, for example, cancer; for they cause phenotypes by coding proteins (Huang 2013). This is also the case in biotechnological research, where it is acknowledged that a particular gene from one species in which a particular “function” is produced, can be readily put into another species expecting the same “function” (Vaeck *et al.* 1987). Considering that a myriad of studies search for “causal” mutations, apparently this gene-centric assumption is rarely noticed—or, alternatively, it is just ignored. Despite the huge amount of resources invested in

genome sequencing projects, such thing as a universal (causal) mutation for a degenerative disease has not been successfully identified (Huang 2013). Nevertheless, having specific molecules as candidate causal factors of particular diseases enables companies to develop new drugs for the market. Given the limited nature of the underlying simplistic one-to-one GPM, this approach is likely to fail. It may reproduce only based on its limited effectiveness—and mostly on marketing strategies—instead of deep explanations or much needed solutions. Importantly, such continuing search for potential molecular targets in therapeutics or single-gene golden bullet solutions to complex agricultural threats evidences the prevalence of the one-to-one GPM, i.e., by assuming that there is a protein for every disease or for any environmental challenge in agriculture.

The potential for therapy also complicates matters, for it may be a perfectly acceptable research goal regardless of its impact on improving understanding or on actually proving causation. Thus, it could be the case that biomedical research itself has not naturally evolved to such a naive state; it might be instead that the market driven technocentric character of modern “*science*” happens to stimulate the inheritance of old ideas that continue to be convenient—unfortunately for science, though, the rate of increase in conceptual understanding seems not to be following the fast-paced technological evolution.

To summarize, the prevailing paradigm implicitly assumes that genes determine cell behavior through a one-to-one GPM. Specifically, genes code proteins which directly determine phenotypes, and consequently, mutations in the genes should by themselves alter phenotypes. Therefore, targeting altered proteins produced from mutated genes seems to be the best strategy to “correct” a pathological phenotype—the same can be said of epigenetic alterations, altered pathways or even networks. However, a multitude of post-genomic evidence makes the one-to-one GPM untenable. In contrast, a GPM in terms of the orchestrating role of molecular regulatory networks, which constitutes a many-to-many GPM, naturally explains paradoxical observations and provides a formal framework for the interpretation of ever-growing post-genomic molecular data. ■

## Acknowledgements

This work was supported with ERAB grants: Conacyt (Mexico) 180098 and 180380; and UNAM-DGAPA-PAPIIT: IN203113.

## References

- Alberch, P. «From genes to phenotype: dynamical systems and evolvability.» *Genetica* 84, nº 1 (1991): 5-11.

- Alexander, R. P., G. Fang, J. Rozowsky, M. Snyder and M. B. Gerstein. «Annotating non-coding regions of the genome.» *Nature Reviews Genetics* 11, nº 8 (2010): 559-571.
- Azpeitia, E., J. Davila-Velderrain, C. Villarreal and E. Álvarez-Buylla. «Gene regulatory network models for floral organ determination.» *Flower Development* (2014): 441-469.
- , M. Benítez, I. Vega, C. Villarreal and E. Álvarez-Buylla. «Single-cell and coupled GRN models of cell patterning in the *Arabidopsis thaliana* root stem cell niche.» *BMC systems biology* 4, nº 1 (2010): 134.
- Balázszi, G., Van Oudenaarden, A. and J. J. Collins. «Cellular decision making and biological noise: from microbes to mammals.» *Cell* 144, nº 6 (2011): 910-925.
- Brunet, T. D. and W. F. Doolittle. «Getting “function” right.» *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, nº 33 (2014): E3365-E3365.
- Carninci, P., et al. «The transcriptional landscape of the mammalian genome.» *Science* 309, nº 5740 (2005): 1559-1563.
- Chatr-aryamontri, A., et al. «The BioGRID interaction database: 2013 update.» *Nucleic acids research* 41 nº D1 (2013): D816-D823.
- Cheng, J., et al. «Transcriptional maps of 10 human chromosomes at 5-nucleotide resolution.» *Science* 308, nº 5725 (2005): 1149-1154.
- Costanzo, M., et al. «The genetic landscape of a cell.» *Science* 327, nº 5964 (2010): 425-431.
- Crick, F. H. «Central dogma of molecular biology.» *Nature* 227, nº 5258 (1970): 561-563.
- . «On protein synthesis.» *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12 (1958): 138.
- Croft, D., et al. «Reactome: a database of reactions, pathways and biological processes.» *Nucleic acids research*, (2010): gkq1018.
- Davila-Velderrain, J., A. Servin-Marquez and E. Álvarez-Buylla. «Molecular evolution constraints in the floral organ specification gene regulatory network module across 18 angiosperm genomes.» *Molecular biology and evolution* 31, nº 3 (2014): 560-573.
- and E. Álvarez-Buylla. «Bridging genotype and phenotype.» In *Frontiers in Ecology, Evolution and Complexity*, edited by Octavio Miramontes, Alfonso Valiente-Banuet and Mariana Benítez. CopIt ArXives, 2014.
- Doolittle, W. F., T. D. Brunet, S. Linquist and T. R. Gregory. «Distinguishing between “function” and “effect” in genome biology.» *Genome biology and evolution* 6, nº 5 (2014): 1234-1237.
- Espinosa-Soto, C., P. Padilla-Longoria and E. Álvarez-Buylla. «A gene regulatory network model for cell-fate determination during *Arabidopsis thaliana*

- flower development that is robust and recovers experimental gene expression profiles.» *The Plant Cell Online* 16, nº 1 (2004): 2923-2939.
- Hancock, J. M. (Ed.). *Phenomics*. CRC Press, 2014.
- Ho, W. C. and J. Zhang. «The Genotype-Phenotype Map of Yeast Complex Traits: Basic Parameters and the Role of Natural Selection.» *Molecular biology and evolution* 31, nº 6 (2014): 1568-1580.
- Houle, D., D. R. Govindaraju and S. Omholt. «Phenomics: the next challenge.» *Nature Reviews Genetics* 11, nº 12 (2010): 855-866.
- Huang, S., G. Eichler, Y. Bar-Yam and D. E. Ingber. «Cell fate sas high-dimensional attractor states of a complex gene regulatory network.» *Physical Review Letters* 94, nº 12 (2005): 128701.
- \_\_\_\_\_. «Genetic and non-genetic instability in tumor progression: link between the fitness landscape and the epigenetic landscape of cancer cells.» *Cancer and Metastasis Reviews* 32, nº 3-4 (2013): 423-448.
- \_\_\_\_\_. «Rational drug discovery: what can we learn from regulatory networks?» *Drug discovery today* 7, nº 20 (2002): s163-s169.
- \_\_\_\_\_. «Systems biology of stem cells: three useful perspectives to help overcome the paradigm of linear pathways. Philosophical Transactions of the Royal Society B.» *Biological Sciences* 366, nº 1575 (2011): 2247-2259.
- \_\_\_\_\_. «The practical problems of post-genomic biology.» *Nature biotechnology* 18, nº 5 (2000): 471-472.
- Huneman, P. *Functions: selection and mechanisms*. Springer, 2013.
- Kellis, M., et al. «Defining functional DNA elements in the human genome.» *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, nº 17 (2014): 6131-6138.
- Kuhn, T. S. *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press, 2012 [1962].
- Lehner, B. «Molecular mechanisms of epistasis within and between genes.» *Trends in Genetics* 27, nº 8 (2011): 323-331.
- Lewontin, R. «The genotype/phenotype distinction.» In *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2011.
- Mendoza, L. and E. Álvarez-Buylla. «Dynamics of the genetic regulatory network for arabidopsis thaliana flower morphogenesis.» *Journal of Theoretical Biology* 193, nº 2 (1998): 307-319.
- Natoli, G. and J. C. Andrau. «Noncoding transcription at enhancers: general principles and functional models.» *Annual review of genetics* 46 (2012): 1-19.
- O'Malley, M. A. and Y. Boucher. «Paradigm change in evolutionary microbiology.» *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2005: 183-208.
- Perkins, T. J. and P. S. Swain. «Strategies for cellular decision-making.» *Molecular systems biology* 5, nº 1 (2009).

- Phillips, P. C. «Epistasis-the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems.» *Nature Reviews Genetics* 9, nº 11 (2008): 855-867.
- Pigliucci, M. «Genotype-phenotype mapping and the end of the ‘genes as blue-print’metaphor.» *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, nº 1540 (2010): 557-566.
- Plosky, Brian S. *eRNAs Lure NELF from Paused Polymerases*. *Molecular Cell*. 2014.
- Rose, M. R. and T. H. Oakley. «The new biology: beyond the Modern Synthesis.» *Biology direct* 2, nº 1 (2007): 30.
- Sanchez-Corrales, Y. E., E. Álvarez-Buylla and L. Mendoza. «The *Arabidopsis thaliana* flower organ specification gene regulatory network determines a robust differentiation process.» *Journal of Theoretical Biology* 264, nº 3 (2010): 971-983.
- Schaefer, C. F., et al. «PID: the pathway interaction database.» *Nucleic acids research*, 2009: D674-D679.
- Shapiro, J. A. «Revisiting the central dogma in the 21st century.» *Annals of the New York Academy of Sciences* 1178, nº 1 (2009): 6-28.
- Soyer, O. S. (Ed.). *Evolutionary systems biology* 751 Spring 2012.
- Stearns, F. W. «One hundred years of pleiotropy: a retrospective.» *Genetics* 186, nº 3 (2010): 767-773.
- Strohman, R. C. «The coming Kuhnian revolution in biology.» *Nature biotechnology* 15, nº 3 (1997): 194-200.
- Stuart A., Kauffman. *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1993.
- Tyler, A. L., F. W. Asselbergs, S. M. Williams and J. H. Moore. «Shadows of complexity: what biological networks reveal about epistasis and pleiotropy.» *Bioessays* 31, nº 2 (2009): 220-227.
- Uhlen, M. and F. Ponten. «Antibody-based proteomics for human tissue profiling.» *Molecular & Cellular Proteomics* 4, nº 4 (2005): 384-393.
- Vaeck, M., et al. «Transgenic plants protected from insect attack.» *Nature* 328 (1987): 33-37.
- Wagner, G. P. and J. Zhang. «The pleiotropic structure of the genotype-phenotype map: the evolvability of complex organisms.» *Nature Reviews Genetics* 12, nº 3 (2011): 204-213.
- Wilkins, A. S. «Are there ‘Kuhnian’revolutions in biology?» *BioEssays* (1996): 695-696.

Ehud Lamm\* and Eva Jablonka\*

## Lamarck's Two Legacies: A 21st-Century Perspective on Use-Disuse and the Inheritance of Acquired Characters

**Abstract** | Lamarck has left many legacies for future generations of biologists. His best known legacy was an explicit suggestion, developed in the *Philosophie zoologique* (PZ), that the effects of use and disuse (acquired characters) can be inherited and can drive species transformation. This suggestion was formulated as two laws, which we refer to as the law of biological plasticity and the law of phenotypic continuity. We put these laws in their historical context and distinguish between Lamarck's key insights and later neo-Lamarckian interpretations of his ideas. We argue that Lamarck's emphasis on the role played by the organization of living beings and his physiological model of reproduction are directly relevant to 21st-century concerns, and illustrate this by discussing intergenerational genomic continuity and cultural evolution.

281

**Keywords** | Lamarck – biological plasticity – accommodating phenotypic – biological heritage – cultural continuity

### Lamarck's Two Laws

LAMARCK'S MAJOR CONTRIBUTION to evolutionary thought was his suggestion that the inheritance of acquired characters drives evolutionary change. The idea that the effects of use and disuse—"acquired characters"—are inherited was not original to him; he took it for granted, as did most 18th- and 19th-century biologists (including Charles Darwin). However, his insistence that the effects of such inheritance go beyond within-species change and can account for the generation of new species, for patterns of diversity and for adaptation launched the theory of evolution (Burkhardt 2011), and has been the subject of experimentation, speculation and heated debate ever since. His proposal, which was popular during the last third of the 19th century but was rejected during most of the 20th century, is currently receiving serious consideration again (see Gissis and Jablonka 2011 for historical, biological and philosophical perspectives). We

---

\* The Cohn Institute for the History and Philosophy of Science and Ideas Tel-Aviv University, Tel-Aviv 69978, Israel. E-mail: jablonka@post.tau.ac.il

shall not review here the many studies that show that developmentally-induced variation can have heritable effects, since such reviews are being published regularly (e.g., Jablonka and Raz 2009; Turner 2011; Jablonka 2013; Rechavi 2013). Rather, we would like to show the continuities and discontinuities between the two laws that Lamarck presented in his *Philosophie zoologique* (PZ) and 21st-century conceptions of physiological adaptation and heredity. We therefore start with Lamarck's famous two laws, as described in PZ:

"FIRST LAW. In every animal which has not passed the limit of its development, a more frequent and continuous use of any organ gradually strengthens, develops and enlarges that organ, and gives it a power proportional to the length of time it has been used; while the permanent disuse of any organ imperceptibly weakens it, deteriorates it, and progressively diminishes its functional capacity, until it finally disappears.

SECOND LAW. All the acquisitions or losses wrought by nature on individuals, through the influence of the environment in which their race has been long placed, and hence through the influence of the predominant use or the permanent disuse of any organ; all these are preserved by reproduction to the new individuals which arise, provided that the acquired modifications are common to both sexes, or at least to the individuals which produce the young." (Lamarck, PZ, part 1, 113; here as elsewhere in this paper PZ refers to the 1914 English translation of Lamarck's *Pilosophie zoologique* 1809).

*We suggest that the first law, which describes how characters develop through use and disuse, can be described in modern terms as the law of biological plasticity. The second law, asserting that the effects of these developmental "acquisitions" are inherited, can be described as the law of phenotypic continuity. We believe that these modern articulations of Lamarck's ideas can contribute to discussions about heredity and evolution.*

We suggest that the first law, which describes how characters develop through use and disuse, can be described in modern terms as the *law of biological plasticity*. The second law, asserting that the effects of these developmental "acquisitions" are inherited, can be described as the *law of phenotypic continuity*. We believe that these modern articulations of Lamarck's ideas can contribute to discussions about heredity and evolution.

## The Law of Biological Plasticity

Lamarck's view of the flexibility and responsiveness of living organisms (what we would today call phenotypic plasticity) was different from a simple notion of material flexibility. He devoted a lot of attention to the different ways in which living organisms are organized, and considered their forms of organization as fundamental for understanding how they react to stimuli (e.g., whether there is a localized or a coordinated response) and how they evolve. Lamarck regarded biological responsiveness as a fundamental defining property (a "primitive") of living organization. The responsiveness of living things was for him the result of the combined effect of the types of chemical material from which biological entities are built (gelatinous matter in animals, mucilaginous matter in plants, in both cases organized as cellular tissue), and the self-organizing dynamics of fluxes of electricity and heat (which he called subtle fluids) that shape this material in a way that leads to its self-maintenance and complexification. This view of biological organization was at the heart of his approach to the origin life (part II of PZ) and to the evolution of psychological capacities (PZ, part III). It was a view that he had already developed in *Recherches sur l'organisation des corps vivants* in 1802, and which he quotes in PZ:

...the function of the movements of fluids in the supple parts of living bodies, and especially in the cellular tissue of the simplest among them, is to carve out routes, places of deposits and exits, to create canals and thereafter diverse organs, to vary these canals and organs in accordance with the diversity of the movements or characters of the fluids causing them, finally to enlarge, elongate, divide and gradually solidify these canal and organs. This is effected by the substances which are incessantly being formed in the fluids, and are then separated from them, and in part assimilated and united to the organs, while the remainder is rejected.

*... that the state of organization in every living body has been gradually acquired by the increasing influence of the movement of fluids* (firstly in the cellular tissue and afterwards in the organs formed in it), and by the constant change in the character and state of these fluids owing to the continual wastages and renewals proceeding within them". (PZ 232-233; our emphasis)

What is central to Lamarck's view, both in his early and late works, is dynamic organization which is manifest in the activities that underlie the way that a living entity uses or disuses its organs and utilizes the resources in its environment. He believed that the gelatinous or mucilaginous states of matter, which alone could support living organization, have been (and continue to be) formed spontaneously; once this matter is exposed to fluxes of environmental caloric and electricity, the matter self-organizes into living, self-sustaining entities,

which are endowed with the ability to nourish themselves, grow, and adapt to their conditions of life (see, for example, PZ, 239).

As is clear from PZ, Lamarck was working against a dominant vitalistic philosophy, and was reacting against the view that the environment was inherently antagonistic to the organism (Giglioni 2013), a perception that remained typical in subsequent Darwinian and neo-Darwinian thinking. Xavier Bichat, whose views on this issue Lamarck explicitly rejected, had been concerned with the ability of fragile organisms to resist the destructive effects of the environment. These concerns led to various notions of vitalistic internal buffering, and were later replaced with more mechanistic alternatives, which paved the way to Walter Cannon's 20th century notion of homeostasis. However, the homeostatic notion of stability still fits a picture of external, destructive environment, emphasizes internal mechanisms that lead to *lack* of apparent macroscopic change, and, most significantly, regards biological organization as fragile. For Lamarck, in contrast, the interaction with the environment is essential for the adaptive adjustment of the organism, which is often associated with altered habits and morphology, and an increase in complexity (e.g., division of labor) and leads to an increase in stability.

The physiological activities of living entities, the practices to which parts of the organism are put, are the "uses and disuses" which Lamarck had in mind. Use and disuse, he thought, occur in both plants and animals, albeit in different ways because these classes of organisms have different forms of organization. In plants, which do not move and do not form habits (for Lamarck habits are mediated by a nervous system) changes are acquired through physiological activities like nutrition, absorption and transpiration, which are modulated by environmental conditions (the amount of light, caloric, moisture etc.) and through the dominance of some internal movements over others (PZ, 108). In animals, the changes brought about by use and disuse are mediated by the nervous system and by the habits the animal forms, which are in turn mediated by felt needs, which are, according to Lamarck, the need for food, sex, general well-being, and avoidance of pain (PZ, 352). What is altered in non-primitive animals as they face new challenges is their "inner feeling", which requires a central nervous system and manifests itself fully only in animals that can move. The inner feeling is the precursor and the condition for the formation of the emotions that are found in more developed animals, and its specific effects depend on the internal organization of the nervous system and the animal's morphology, both of which are tied to the activities of the organism. Lamarck's notion of inner feeling is similar to the later physiologists' ideas about an inner environment and homeostasis-preserving mechanisms, but the differences between his view and these later views are telling. His physiological notion of dynamic, plastic

organization does not stress the buffering (canalizing) aspect of physiological adaptation; instead use and disuse lead to new habits, which make the organism more stable by becoming more complex, more differentiated.

Lamarck's emphasis on flexible, plastic organization was adopted by French neo-Lamarckians. Laurent Loison (2011) argues that French neo-Lamarckism was initially structured by the notion of plasticity, which was at the core of the physiological investigations that were central to 19th- and early 20th-century French biology. Lamarck's ideas were interpreted in the context of physiological research in zoology, teratology, microbiology and, most strikingly, botany, where ecological studies of plant populations and physiological studies in the laboratory showed the great scope and prevalence of plants' adaptive plasticity. The adjustments of multicellular organisms and of microbes to changed conditions were interpreted by the French neo-Lamarckists in terms of individual plasticity—of use and disuse.

The notion of "acquisition" in the Lamarckian sense was closely linked to that of use and disuse, for it is through active use and disuse that living organisms "acquired" their new adaptations. A developmental acquisition was seen by Lamarck and his followers as the result of the response of the organism to a usually persistent environmental input that leads to a new phenotype (for example acquiring large muscles, acquiring a tan, learning to ski). However, although the term may seem intuitively clear, the usage of the term "acquired" is full of ambiguities, just like its mirror-image, "innate". Mameli and Bateson (2006) listed 26 partially overlapping meanings of "innate", and analyzed its many misuses and over-interpretations. Griffiths, who studied the way in which "innate" is used by lay people (i.e. the "folk biology" notion of innate), showed that it is identified with "inner nature", and this inner nature is characterized by *fixity* (innate traits are insensitive to environmental inputs), *typicality* (the individual is a normal healthy token of its species) and *teleology* (the trait is adaptive, deviations are pathological) (see Griffiths 2002; 2011; Griffiths, Machery and Linquist 2009). As Bateson and Mameli, and Griffiths and his colleagues have shown through their analyses, although the terms seem to be dichotomous, the attributes of "innate" do not clearly distinguish it from "acquired". This can lead to conceptual muddles. For example, while the development of an acquired trait is by definition context sensitive, the acquired trait is usually a result of a typical organismal response, and is often, though not invariably, adaptive, involving the mobilization of already-evolved physiological mechanisms (Bateson and Mameli 2007; see also Lehrman 1953). Moreover, every trait in a living organism is sensitive to some context, and embryological development that unfolds in a species-typical manner can be, and often is, depicted as a cascade of inductions (Semon 1921; Waddington 1957). Hence, "typicality"

and “teleology” do not distinguish between innate and acquired characters, and there are no unqualified “fixed” characters.

From Lamarck’s point of view the most obvious distinctions one needs to make in order to clarify what “acquired” means are (i) that between passive acquisition and developmental (active) acquisition, and (ii) that between a developmental acquisition that depends on learning (which is special to animals and is based on neural learning mechanisms and motor behavior) and an acquisition that does not depend on the nervous system (which applies to all living organisms). To take simple examples, consider the distinction between the following three cases, each of which involves an “acquired” trait: a newly (acquired) shattered bone; an acquired crooked bone that resulted from the remodeling that followed a break in it; and an acquired skill in handling a dangerous item of prey (e.g. a scorpion) that resulted from a meerkat’s learning process. The newly shattered bone is not considered as a biological acquisition, even though the bone has “acquired” a new shape, because there was no functional biological activity involved in the response to the breakage. On the other hand, a bone that has been remodeled after a break can be thought of as biological “acquisition”: the healing-remodeling is based on mechanisms that, on average, enable the animal to cope with breaking-bone traumas (even if a particular instance of remodeling is awkward). Similarly, when an individual meerkat learns to handle a scorpion, the skill can be said to be developmentally acquired (through neural learning), because it involves biological activity. However, in this case the nervous system and motor behavior are involved, and this type of biological response demands, according to Lamarck, additional considerations to those involved in physiological acquisitions that do not involve the nervous system. Once a nervous system is in place, it becomes the organizing system of the animal, and its sensory and motor responses are controlled and coordinated by it. That is why animals do not adapt as directly to altered environments as plants; according to Lamarck, each change in animals’ physiology is mediated by their nervous system and by their habits. This mediation means that external conditions have a less direct effect on animal physiology, and explains the greater physiological and morphological flexibility of plants.

The term currently employed to describe the active “acquisition” of new capacities and characters during development is phenotypic plasticity. The most comprehensive and nuanced discussion of plasticity to date is that of West-Eberhard’s (2003). Like Lamarck, West-Eberhard sees plasticity as a “primitive”, a defining feature of life: “... it is reasonable to conclude that phenotypic plasticity has been a property of living organisms since their origin” (West-Eberhard 2003, 180). She notes that plasticity does not necessarily mean that altered conditions bring about a modification of the organism’s macroscopic phenotype. The

response of an organism to a change in its conditions of life can be either a modification of its phenotype, or the active maintenance of its macroscopic state (for example its level of blood sugar) in spite of the changed conditions, a process that requires changes in the nature and/or activity underlying mechanisms (e.g. hormonal mechanisms), and hence requires plasticity at an underlying microscopic level. West-Eberhard therefore defines plasticity broadly, as:

...the ability of an organism to react to an internal or external environmental input with a change in form, state, movement, or rate of activity. It may or may not be adaptive (a consequence of previous selection). Plasticity is sometimes defined as the ability of a phenotype associated with a single genotype to produce more than one continuously variable alternative form of morphology, physiology and/or behavior in different environmental circumstances (Stearns 1989). It refers to all sorts of environmentally induced phenotypic variation (Stearns 1989).

Plasticity includes responses that are reversible and irreversible, adaptive and non-adaptive, active and passive, and continuously and discontinuously variable. (West-Eberhard 2003, 33).

In addition to the qualifications mentioned in the quotation (passive and active, reversible and irreversible, continuous and discontinuous), West-Eberhard discusses additional, equally important qualifications: maturational and non-maturational developmental responses; learnt responses (whose development requires a psychological description), and responses that do not require such description; open-ended plasticity, which accommodates novelty (such as the ability of a handicapped goat to walk on its hind legs), and plasticity that leads to a pre-defined range of responses (such as the development of different castes in social insects). Open-ended plasticity is of particular interest, because the novelty produced is, by definition, not the result of past genetic selection for the new trait, and the novel trait cannot be assumed to exist in a latent state within some underlying "genetic program".

West-Eberhard calls the developmental reorganization that is involved in the generation of novel phenotypes phenotypic accommodation (West-Eberhard 2003). It is mediated through general biological properties such as mechanical flexibility and the multiplicity of partially-overlapping regulatory elements, and through exploration and selective stabilization processes that are based on the generation of numerous variations and interactions, from which only a small subset are eventually stabilized and manifested. Examples of exploration-stabilization mechanisms can be found at every level of biological complexity, from the cellular to the social/cultural. Selective stabilization underlies spindle formation within the cell (Gerhart and Kirschner 1997), the stabilization of synaptic

connections during development and learning in animals (Changeux *et al.* 1973; Edelman 1987), trial-and-error learning (Skinner 1981), and the stabilization of cultural practices (Sperber 1996). For West-Eberhard, some open-ended plasticity processes that enable organisms to cope with unpredictable conditions, may be part of all accommodation processes (even those that involve “typical” reactions of the organism) because an organism always faces some unpredictability: the environment is always somewhat erratic, and development is always somewhat “noisy”.

West-Eberhard defines phenotypic accommodation as the “adaptive mutual adjustment among variable parts” (West-Eberhard 2003, 51), a definition which resonates with Lamarck’s belief that physiological adaptation through use-disuse leads to new forms of (self) organization.

As we noted already, for Lamarck, as for West-Eberhard, dynamic organization is a key concept, and adjustment to adverse conditions implies successful coping with environmental challenges. The well-being of the individual and its reproductive success require either that the organism adjusts to the environment, or that it adjusts the environment to itself. Lamarck focused on organismal adjustments, and for obvious reasons (lack of information) did not differentiate between different types of plastic strategies, something which is of great interest today. For example, Jablonka and Lamb (1995, 172) distinguished between four types of plastic response to challenge: (i) a non-stressful response (within the typical reaction range of the organism, for example, the response of a plant to a change in day-length); (ii) a stressful, specific but familiar response (e.g., reaction to a predator); (iii) a response to a general, non-acute and familiar stress (e.g., mild starvation); and (iv) a response to catastrophic conditions to which one cannot adapt physiologically or behaviorally (e.g., acute starvation, drastic heat-shock). Each of these types of accommodation employs different types of genomic and developmental mechanisms and leads to the generation of

*For West-Eberhard, some open-ended plasticity processes that enable organisms to cope with unpredictable conditions, may be part of all accommodation processes (even those that involve “typical” reactions of the organism) because an organism always faces some unpredictability: the environment is always somewhat erratic, and development is always somewhat “noisy”.*

tion to a predator); (iii) a response to a general, non-acute and familiar stress (e.g., mild starvation); and (iv) a response to catastrophic conditions to which one cannot adapt physiologically or behaviorally (e.g., acute starvation, drastic heat-shock). Each of these types of accommodation employs different types of genomic and developmental mechanisms and leads to the generation of

different types of heritable non-genetic or genetic variations (Lamm and Jablonka 2008; Shapiro 2011).

Another way in which organisms can adapt to the environment and affect evolution is by altering the environment they experience. They do this by migrating to a different location, or by modifying their environment, for example by building burrows or nest, a practice known as "niche construction" (Odling-Smee *et al.* 2003). The processes of migration and niche construction began to be emphasized in the last quarter of the 20th century, partly as alternatives to the Lamarckian model with its emphasis on phenotypic accommodation. Unlike use and disuse, migration and niche construction do not change the organisms involved directly; rather, they affect the selection pressures that the organisms and their descendants face, indirectly leading to changes in the progeny through natural selection.

## Phenotypic Continuity: A Historical Notion of Heredity

It is clear that the focus on plasticity illustrated by Lamarck's first law is of central importance in 21st-century biology, and it is equally clear that today "plasticity" carries meanings and implications that were unthinkable 200 years ago. Our present knowledge about the processes that underlie plasticity and inheritance also enables us to understand better how "acquired" traits may be passed on to descendants, as suggested in Lamarck's second law.

The modern concepts of heredity and inheritance are derived from the legal context dealing with the transfer of ancestral properties, such as land and money. "Heredity" was first incorporated into biology in 1807, but the term was used in several different and inconsistent ways during the 19th century. Different things were said to be inherited: external things belonging to ancestors, such as property; physical parts of ancestors; the potential for developing traits, and the initial conditions that are necessary or enabling for such development. This multiplicity of meanings led Johannsen (1911), in an influential paper in which he defined central terms such as phenotype, genotype and gene, to criticize the vague and metaphoric notion of inheritance. Instead, Johannsen advanced an ahistoric, explicitly non-developmental notion of the genetic potentialities that are transmitted between generations:

"The genotype-conception is thus an "ahistoric" view of the reactions of living beings—of course only as far as true heredity is concerned. ... I suggest that it is useful to emphasize this "radical" ahistoric genotype-conception of heredity, in its strict antagonism to the transmission- or phenotype view. ... Certainly, evolution of types of tools, instruments and implements of all kinds is—at least partially—going on by

means of selective factors combined with tradition, the latter not only conserving the valuable types but actively stimulating their improvement. But all this has nothing to do with the biological notion of heredity." (Johannsen 1911, 139-140)

He then concluded: "Heredity may then be defined *as the presence of identical genes in ancestors and descendants*" (Johannsen 1911, 159; his italics). According to this view, which has become very influential and guided thinking about heredity and evolution for most of the 20th century, only genotypes can be inherited; a phenotypic trait is a characteristic of an organism resulting from the interactions between an internal initial potential (genetic-developmental) and the external environment, and it is only the genetic potential that is inherited in a "real" biological manner (for discussion see Jablonka and Lamb 1995, 2005). Following the discovery of DNA, the genotype became identified with the DNA sequence present in the cell, and biological inheritance became identified exclusively with DNA replication.

Clearly, Lamarck's notion of inheritance does not conform to Johannsen's definition: for Lamarck inheritance is an aspect of development and hence is by definition "historical". However, it is important to note that Lamarck's notion is not an early variant of a pangenesis theory like that which Darwin later developed (and named). Darwin postulated that tiny gemmules that are formed during development and represent the trait (and the variations it acquires during development) accumulate in the reproductive organs and are passed on to offspring where they seed the construction of similar traits. Pangenesis theories thus account for the inheritance of developmentally acquired modifications, so it is tempting to read Lamarck's second law as being a vague version of something like pangenesis. Until recently, pangenesis models were rejected because of the acceptance of the germline-soma barrier proposed by August Weismann in the 1880s, and Johannsen's insistence that the genotype alone is inherited (see Jablonka 2013; Rechavi 2013 for recent evidence for the germline inheritance of acquired variations). However, the pangenesis view of heredity was not part of Lamarck's ideas. Lamarck did not propose a theory of heredity, and during his time the notion of heredity as a specific kind of process that applies to all characteristics of the organism, both species-typical and the specific characters of individuals, was still crystallizing. Lamarck was committed instead to a view of physiological continuity, of heredity as inter-generationally-extended development. According to him, ancestors transfer acquired changes in organization at the same time as they pass on developmental aptitudes and tendencies: "just as reproduction transmits *acquired forms* both internal and external, so too it transmits at the same time *an aptitude for certain specialized types of movements and corresponding habits*." (PZ, 346; our italics).

Characters are the products of development and must be "acquired" ontogenetically. For Lamarck, transmission is not a process of forming or copying distinct gemmules or determinants, but a developmental re-construction process that involves a response to recurring environmental conditions and leads to gradual, systemic changes in organismal form and aptitude.

The Lamarckian way of thinking about heredity is non-intuitive for many biologists today. However, West-Eberhard has presented a view of heredity that is similar in some respects to the one implied by Lamarck, and may help clarify his viewpoint and show its relevance to our current, extended notion of heredity. Like Lamarck, West-Eberhard is committed to the idea that "all order proceeds from order". She thus stresses the evolutionary significance of what she terms the continuity of the phenotype, namely "*the unbroken and overlapping phenotypic connections between generations mediated by parentally-constructed offspring phenotypes* (e.g., eggs, spores, seeds, and effects of later development)" (West-Eberhard 2003, 93, our italics). Instead of thinking about parents and offspring as self-contained individuals connected by the transmission of the parental genotype to the offspring, West-Eberhard suggests that we notice that there is an unbroken chain of intermediary phenotypes, consisting, for example, of the unfertilized egg, the egg after its fertilization by sperm, larvae, juveniles, and adults. Each of these is an organized and plastic entity. Genes always operate in the context of an already organized entity that was shaped by previous events and generations. All the intermediary phenotypes, like phenotypes in general, are plastic. Development, according to West-Eberhard, results from the reaction of intermediary (bridging) phenotypes to genetic and environmental stimuli, potentially including additional maternal stimuli. Since the zygotic genome interacts with other preexisting components in the fertilized egg, it is constrained by the parentally-constructed structure.

Hence, what West-Eberhard calls "the continuity of the phenotype", the unbroken chain of phenotypic connections, underlies the re-construction of developmental acquired ancestral organization in subsequent generations. Although she emphasizes organized bridging-phenotypes that are developmentally plastic, whereas Lamarck stressed the transfer of changes in organization and developmental aptitudes from ancestors to descendants, the affinities between the two approaches are obvious: both view heredity as inter-generationally-extended development, and physiological continuity is central to their notions of heredity.

A few examples may clarify this picture and help show the continuity between development and heredity. West-Eberhard notes that maternal gene transcripts in the egg are still used after embryonic development begins. More dramatically, in the frog species *Xenopus* the zygotic genes are not expressed at all

for several hours after fertilization, when the blastula contains 4000 cells (West-Eberhard 2003, 96). Moreover, maternal effects can accumulate over several generations. For example, in migratory locusts the maternally-transmitted effects of adult crowding accumulate for several generations before the migratory phenotype becomes fully expressed (West-Eberhard 2003, 98). Hence, maternal and, more generally, ancestral developmental effects demand an extension of the notion of inheritance and a return to an "historic" view of heredity.

"Biological inheritance" includes more than extended maternal effects, however. In addition to inheritance through DNA replication (the "ahistoric" aspect), heredity today is seen as encompassing developmental inheritance and ineffective inheritance (the inheritance of factors acquired from the environment, such as viruses, pieces of DNA or RNA, and prions, which are thereafter vertically transmitted). Developmental inheritance includes: (i) The inheritance of phenotypic variations that are not dependent on variations in DNA sequence. These include epigenetic variations, behavioral variations, and symbolic variations (Jablonka and Lamb 1995; 2014). (ii) The inheritance of changes in DNA that are regulated and directed by control systems that respond to developmental signals and environmental cues (Lamm and Jablonka 2008, Shapiro 2011, Lamm 2014). These phenomena are often interpreted as supporting Lamarckian inheritance, although some of them (especially those focusing on the germline inheritance of epigenetic variations) resonate more with the neo-Lamarckian (pan-genesis) heredity theories of late 19th-century and early 20th-century biologists (described in Robinson 1979) than with Lamarck's physiological view of heredity. However, since developmental variations acquired in one generation can have physiological effects on the next generation that lead to similarity between parents and offspring, the various mechanisms of heredity form a continuum. For example, exposing a pregnant rat to the chemical vinclozolin can affect her physiological state in ways that alter the somatic-physiological and the behavioral development of her offspring, change the chromatin in their germline, and lead to the transmission of the altered acquired states to future generations (Guerrero-Bosagna, Settles, Lucke and Skinner 2010).

For Lamarck, inheritance was not simply a parent-offspring relation; it involved the environment, the habits that an individual develops during its ontogeny, and the cumulative effects of the habits formed by ancestors. This multi-generational phenotypic continuity characterizes developmental inheritance more generally, and has evolutionary implications. Alexander Badyaev and his colleagues studied phenotypic accommodation in the house finch *Carpodacus mexicanus*, a bird which since the 1940s has greatly expanded its range, having spread from its original habitat in California to both the hot and humid areas of Alabama and the cold and dry areas of Montana. These expansions were

accompanied by physiological adaptations in each population, leading to significant and divergent differences between the two sexes. Analysis has shown that the adaptations occurred through changes in the physiology and laying behavior of the mother, i.e., through environmentally-induced maternal effects. The birds adapted during their own lifetime, with females that migrate from one environment to another getting progressively better-adapted to their new environment with age, and the adjustments continue to get better in subsequent generations (Badyaev 2009). Badyaev has suggested that the next evolutionary stage may involve the stabilization of hereditary transmission through epigenetic germline inheritance, with final stabilization occurring when genetic variations that confer even greater stability on the birds' development displace the epigenetic variations, a process that West-Eberhard (2003) calls genetic accommodation. Although this progression of heredity-stabilizing mechanisms is not the only possibility (genetic accommodation can occur without the intervention of maternal effects and epigenetic germline-inheritance, and epigenetic germline-inheritance need not be preceded by maternal effects), such progression is likely because epigenetic inheritance stabilizes the environmentally induced and accommodated changes, thus guiding selection that leads to their genetic accommodation.

*For Lamarck, inheritance was not simply a parent-offspring relation; it involved the environment, the habits that an individual develops during its ontogeny, and the cumulative effects of the habits formed by ancestors. This multi-generational phenotypic continuity characterizes developmental inheritance more generally, and has evolutionary implications.*

## Discussion: The Benefits of an Interdisciplinary Framework

The complexity inherent in the phrase “the inheritance of acquired characters” problematizes not only the notion of inheritance, but also that of “character”, and consequently also the notion of the “individual” to which a “character” is attributed. Some notions of “character” are straightforward: an organism (e.g., a human) can be said to have morphological characters (a round head, long limbs, broad shoulders), physiological characters (high sugar level, low cholesterol, normal blood pressure) or characters described by behavioral/psychological

attributes (active, alert, emotionally-dependent). Of course the categories overlap, because morphology and physiology are closely related, and the psychological can be seen as a special aspect of the physiological. In all these cases there is an obvious overlap between “character” and a developmentally constructed phenotype, but this is not always the case. Is a developmental alteration in a specific DNA sequence, such as that resulting from a programmed, environmentally-induced genetic change in yeast, a character? If we view the genome as a developmental system (Lamm 2011, 2014), the answer is clearly positive, while from an “a-historic” point of view, the answer is negative.

The nature of the “individual” is crucial to our judgment of the character-status of an attribute. If the individual of interest is a lineage, a statistical (collective) attribute can be thought of as a character. For example, the frequency of recombination in a particular chromosome, which is high in one lineage and low in another, is a lineage-character. If the individual is a more or less coherent community of organisms, a holobiont, then the potentially varying constituent-partners can be thought of as a character of the focal partner (the one which is the major focus of interest). Thus, if we think about humans and their many microbial gut symbionts as a “human-holobiont”, then for the human part of the partnership, having a particular type of symbiont or combinations of symbionts is a character, which has been actively constructing during the human’s development (with an initial contribution coming as part of the maternally-produced bridging phenotype); similarly, for a bacterium within the holobiont, its human partner contributes to its multi-faceted phenotype (Gilbert 2011). Moreover, an ecologically constructed niche can be seen as one of the characters of an individual organism or group of organisms. The beaver’s dam, for example, can be thought of as developmentally and behaviourally constructed character, which has distinguishing qualities that depend on the beavers’ construction methods and the local environment, including the dam that was acquired from the parents (Odling-Smee *et al.* 2003). Here, the character—the type of dam—of individual groups of beavers is socially constructed. If we turn to culture, we recognize that cultural practices are composite characters: they are made up of behavioral and social-niche components (e.g., artefacts and tools), which are characters both of the individual and of the social system of which it is part. Moreover, social institutions and social systems such as firms can have collective characters (e.g., efficiency, or civility).

A framework that emphasizes plasticity and phenotypic continuity, and therefore stresses the connection between development and heredity, the interconnected mechanisms of transmission, and the multiple levels of individuality, requires an interdisciplinary approach. This is because every character, whether heritable or not, is the result of development, which always has genetic and

epigenetic inputs, and in humans also behavioral and symbolic inputs. Heredity and evolution therefore need to incorporate multiple mechanisms of “acquisition” and transmission, as well as several levels of individuality. We will illustrate this by showing how this framework impinges on genomic research and on the study of cultural evolution.

## Genomic Developmental Continuity

In eukaryotes the genome consists of chromatin, which is composed of DNA wound around various histone proteins, together with associated non-histone proteins and RNA molecules. Chromatin has a three-dimensional structure that is related to gene expression, and DNA that is inaccessible to the reading machinery because of its structure is not expressed. The conformation of chromatin is dynamic and changes during the life of the cell, depending on cellular activities and functions. Recognizing the importance of the organization and dynamics of chromatin is crucial for understanding both heredity and evolution (Lamm 2011). When cells divide, components of chromatin (in addition to the DNA sequence) are reproduced in the daughter cells, and in this way the three-dimensional conformation of chromatin is partially “copied”; its structure is later elaborated and completed by mechanisms operating in the daughter cells (reviewed in Lamm 2014). The inheritance of chromatin conformation agrees with the views of heredity discussed earlier, both with Lamarck’s vague proposal and with the modern idea of the continuity of the phenotype proposed by West-Eberhard. In addition to enzymes and other maternal contributions (e.g., non-coding RNA molecules and regulatory factors) that are transmitted to the zygote, parental chromatin structure affects the chromatin structure and gene expression in the zygote, and is an important part of what West-Eberhard calls a bridging phenotype.

The factors and processes that maintain variant chromatin structures over time, and thereby lead to cell memory or cell heredity, are *epigenetic* mechanisms. One type of epigenetic mechanism is DNA methylation. Methyl groups can be attached to the cytosines of the DNA, and although they do not alter the coding properties of the sequence, patterns of cytosine methylation affect the probability of transcription. Crucially, changes in DNA methylation patterns can be induced by the environment, and are copied when DNA is replicated. If the patterns of DNA methylation or their phenotypic effects are taken to be “characters”, then the discovery and elucidation of this molecular copying mechanism provides support for a neo-Lamarckian model for the inheritance of acquired characters.

DNA methylation is only one of several mechanisms of epigenetic inheritance. Other mechanisms involve the re-production of histone modifications,

the three-dimensional templating of proteins such as prions, which are transmitted through cell division, the transfer and re-production of small RNA molecules that act as regulators of gene expression, and the transmission of components of autocatalytic positive-feedback loops that are passed on from mother to daughter cells during cell divisions and reconstruct parental cellular activities (reviewed and discussed in Jablonka and Lamb 2014)

In addition to transmission within a cell lineage, the same molecular epigenetic mechanisms are known to have roles in the maintenance and transmission of changes at higher levels of biological organization. They sometimes underlie the inheritance of behavioral characters by routes that by-pass the germline (reviewed and discussed in Jablonka and Lamb 2014). In particular, acquired stress-induced behavioral phenotypes, which are associated with changes in chromatin and the regulation of gene expression in fear and reward centers in the mammalian brain, are reconstructed in the offspring. For example, rat pups raised by mothers who give them little grooming and licking grow up to be fearful and readily stressed adults, while pups raised by mothers that groom and lick them a lot grow up to be adventurous and relatively stress-free adults. These differences in behavior are reflected in the structure of the chromatin in the rats' brains, and are reproduced when the females treat their offspring in the same way as they themselves were treated by their mothers (Kappeler and Meaney 2010).

Epigenetic mechanisms can also influence changes in DNA sequences. For example, certain types of small RNA molecules inhibit transposon movements, so a developmental change that reduces the production of these small RNA molecules can enhance transposition, thereby leading to changes in the organization of DNA. Hence, even the reliable transmission of DNA sequences can be developmentally altered, and genetic and epigenetic continuity are tightly linked (Lamm and Jablonka 2008; Lamm, 2011, 2014).

## Cultural Continuity

Societies and culture change over time, and exhibit dynamics that transcend those of individuals. It is therefore natural to try to capture these dynamics using evolutionary tools. Attempts to do so have been very controversial, however. Joseph Fracchia and Richard Lewontin (1999), for example, insist that such approaches use "simplistic ad-hoc notions of individual acculturation and of the differential survival and reproduction of cultural elements. It is unclear what useful work is done by substituting the metaphor of evolution for history" (p. 52). One of the approaches they have in mind incorporates the idea of cultural memes, which was introduced by Richard Dawkins (1976). The memetic account

is based on the premise, shared by other accounts of cultural evolution, that culture can be broken down into semi-independent units, which are supposedly analogous to genes. The fate of these units (e.g., a catchy tune, food hygiene) is then studied using modified and enriched models of population genetics that take into consideration not only vertically transmitted information, but also information transmitted by peers and teachers. In addition to looking at the effects of selection, drift, migration and random variation, which are used in conventional population genetics, these models incorporate processes that are specific to the generation, acquisition, and transmission of cultural information. These include "guided" variation, based on individual trial-and-error learning; blending inheritance, which takes place when an individual adopts the average of several cultural variants it encounters; and the preferential acquisition of variants because of their content (content bias), or the status of the model (prestige bias), or in order to conform (conformity bias). Although more complex than the methods used in traditional population genetics, most practitioners of this approach readily accept that viewing culture this way is still a gross simplification, yet they argue that it is a worthwhile idealization (Heinrich, Boyd, and Richerson 2008).

We agree with Fracchia and Lewontin (1999) that human historical processes are impossible to understand by studying how individual memes spread in populations, idealization or not. Cultural evolution models may be appropriate for very localized scenarios (Mesoudi 2011), and may also be applicable to animals that lack rich mental lives. However, since both the acquisition and transmission of social-cultural practices are developmental processes of construction, models of cultural evolution must also incorporate the factors that affect physiology and behavior, and contribute to the persistence of practices. For example, in order to understand the socio-cultural persistence of urban poverty, models have to incorporate the long-term epigenetic effects of conditions such as malnutrition in utero and psychological stress in early development, as well as multiple familial and social factors. And since the relations between the dynamics of the individual's development and the dynamics of the social system (e.g., social hierarchies, institutions, norms) must be addressed, an approach that is focused on plasticity and intergenerational continuity, and takes into account more than one time scale (those of the individual, the family, the community, etc.), is a more productive approach for understanding cultural change. One proposal for such an approach has been outlined by Tavory *et al.* (2014).

Lamarck's ideas, as analyzed and discussed in this paper, go beyond traditional conceptions of "Lamarckism", which became synonymous with the inheritance of acquired characters and with a specific, pangenetic model of what such inheritance entails. We have argued that this traditional, mainstream perspective

fits much better with later, 19th- and 20th-century neo-Lamarckian notions of heredity, and that it obscures some key aspects of Lamarck's own ideas. Two legacies of Lamarck—the role of phenotypic organization and plasticity, and the continuity of modified phenotypes in heredity—which were presented in his two PZ “laws”, remain highly relevant today. These Lamarckian legacies are inherent in and unify the approaches used in many biological disciplines, including medical epigenetics, behavioral epigenomics and cognitive-sociocultural coevolution. Because it is now recognized that understanding biological heredity and evolution needs a broad interdisciplinary approach, Lamarck's original way of thinking has become far more relevant than it was thought to be during most of the 20th-century. **Id**

## Acknowledgment

We thank Marion Lamb for her many contributions to this manuscript.

## References

- Badyaev, Alexander V. «Evolutionary significance of phenotypic accommodation in novel environments: An empirical test of the Baldwin effect.» *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 364 (2009): 1125-1141.
- Bateson, Patrick and Mamelì, Matteo. «The innate and the acquired: useful clusters of residual distinction from folk biology?» *Developmental Psychobiology* 49 (2007): 818-831.
- Burkhardt Jr., Richard W. «Lamarck, Cuvier, and Darwin on animal behavior and acquired characters». In *The transformations of Lamarckism*. Edited by Snait Gissis and Eva Jablonka, 33-44. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- Changeux, Jean-Pierre, Courrèges, Philippe, and Danchin, Antoine. «Theory of epigenesis of neuronal networks by selective stabilization of synapses.» *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 70 (10) (1973): 2974-2978.
- Dawkins, Richard. *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976.
- Edelman, Gerald M. *Neural Darwinism: the theory of neuronal group selection*. New York: Basic Books, 1987.
- Fracchia, Joseph and Lewontin, Richard C. Does culture evolve? In *The return of science: evolutionary ideas and history*. Special issue 38, *History and Theory*, (1999): 52-78.
- Gerhart, John and Kirschner, Mark. *Cells, embryos, and evolution: Towards a cellular and developmental understanding of phenotypic variation and evolution*.

- tional adaptability. Malden, MA: Blackwell, 1997.
- Giglioli, Guido. «Jean-Baptiste Lamarck and the place of irritability in the history of life and death.» In *Vitalism and the scientific image in post-enlightenment life science, 1800-2010*, edited by Sebastian Normandin and Charles T. Wolfe. 19-49. Berlin: Springer, 2013.
- Gilbert, Scott. «Symbionts as an epigenetic source of heritable variation.» In *The transformations of Lamarckism*, edited by Snait Gissis and Eva Jablonka, 283-293. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- Gissis, Snait B. and Eva Jablonka (eds.). *The transformations of Lamarckism: from subtle fluids to molecular biology*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- Griesemer, James, R. "Reproduction and the reduction of genetics." In *The concept of the gene in development and evolution, Historical and epistemological perspectives*, edited by P. Beurton, R. Falk and H-J. Rheinberger, 240-285. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Griffiths Paul, E. «What is innateness?» *The Monist* 85 (2002): 70-85.
- . «Our plastic natures.» In *The transformations of Lamarckism*, edited by P. Beurton, R. Falk and H-J. Rheinberger, 318-330. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- , Machery, Eduard and Linquist, Stefan. «The vernacular concept of innateness.» *Mind and Language* 24 (2009): 605-630.
- Guerrero-Bosagna, Carlos, Matthew Settles, Ben Lucker and Michael K. Skinner. «Epigenetic transgenerational actions of vinclozolin on promoter regions of the sperm epigenome.» *PLoS ONE* 5(9) (2010): e13100. doi:10.1371/journal.pone.0013100
- Henrich, Joseph, Robert Boyd and Peter J. Richerson, «Five misunderstandings about cultural evolution.» *Human Nature* 19 (2008): 119-137.
- Jablonka, Eva. «Epigenetic inheritance and plasticity: The responsive germline.» *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 111 (2013): 99-107.
- and Marion J. Lamb. *Epigenetic inheritance and evolution: The Lamarckian dimension*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- and Lamb, Marion. J. *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. Cambridge, MA: MIT Press, revised edition, 2014.
- and Gal Raz. «Transgenerational epigenetic inheritance: Prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution.» *Quarterly Review of Biology* 84 (2009): 131-176.
- Johannsen, Wilhelm. «The genotype conception of heredity.» *American Naturalist* 45 (1911): 129-159.
- Kappeler, Laurent and Michael J. Meaney. «Epigenetics and parental effects.» *Bio-Essays* 32 (2010): 818-827.

- Lamarck, Jean-Baptiste. B. *Zoological Philosophy: An exposition with regard to the natural history of animals*. Translated by H. Elliot. Chicago: University of Chicago Press, 1984 reprint of 1914 edition. First published as *Philosophie zoologique, ou exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*, Paris, Dentu, 1809.
- Lamm, Ehud. "The metastable genome: A Lamarckian organ in a Darwinian world?" In *The transformations of Lamarckism*, edited by Snait Gissis and Eva Jablonka, 345-355. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- . "The genome as a developmental organ." *Journal of Physiology* 2014 (in press).
- and Eva Jablonka. «The nurture of nature: hereditary plasticity in evolution.» *Philosophical Psychology* 21 (2008): 305-319.
- Lehrman, Daniel S. «Critique of Konrad Lorenz's theory of instinctive behavior.» *Quarterly Review of Biology* 28, nº 4 (1953): 337-363.
- Loison, Laurent. «The notions of plasticity and heredity among French Neo-Lamarckians (1880-1940): From complementarity to incompatibility.» In *The transformations of Lamarckism*, edited by Snait Gissis and Eva Jablonka, 67-76. Cambridge MA: MIT Press, 2011.
- Mameli, Matteo and Bateson, Patrick. «Innateness and the sciences.» *Biology and Philosophy* 21:2 (2006): 155-188.
- Mesoudi, Alex. *Cultural evolution: How Darwinian theory can explain human culture and synthesize the social sciences*. Chicago: University of Chicago Press, 2011.
- Odling-Smee, John F., Kevin L. Laland, and Mark W. Feldman, *Niche construction: The neglected process in evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.
- Rechavi, Oded. «Guest list or black list: heritable small RNAs as immunogenic memories.» *Trends in Cell Biology*, 24 (2013): 212-220.
- Robinson, Gloria. *A prelude to genetics*. Lawrence, KS: Coronado Press, 1979.
- Semon, Richard. *The mneme*. London: Allen and Unwin, 1921. (translation of the 3rd 1911 edition by Louis Simon 1921).
- Shapiro, James. A. *Evolution: A view from the 21st century*. Upper Saddle River, NJ: FT Press Science, 2011.
- Sperber, Dan. *Explaining culture: A naturalistic approach*. Oxford: Blackwell, 1996.
- Tavory, Iddo, Simona Ginsburg, and Eva Jablonka. «The reproduction of the social: A developmental system approach.» In *Developing scaffolds in evolution, culture, and cognition*, edited by Linnda Caporael, James Griesemer and William Wimsatt, 307-325. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.

- Turner, Bryan M. «Environmental sensing by chromatin: an epigenetic contribution to evolutionary change.» *FEBS Letters* 585 (2011): 2032-2040 (*Epigenetics Special Issue*).
- Waddington, Conrad H. *The strategy of the genes*. London: Allen and Unwin, 1957.
- West-Eberhard, Mary-Jane. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2003.



Emily A. Schultz\*

# Niche Construction and the Study of Culture Change in Anthropology: Challenges and Prospects

**Abstract** | Many North American anthropologists remain deeply suspicious of attempts to theorize the evolution of culture, given the legacy in our discipline of nineteenth-century stagist theories of cultural evolution that were shaped by scientific racism. In the late twentieth-century, some theorists tried to escape this legacy by using formal models drawn from neo-Darwinian population biology to reconceptualize cultural evolutionary processes, but these more recent approaches have been found unsatisfactory for reasons of their own. For example, gene-culture coevolution and the dual inheritance theory have limited appeal to many contemporary cultural anthropologists because these theories rely on definitions of culture, and assumptions about human individuals and social groups, that many cultural anthropologists no longer find persuasive. Niche construction, by contrast, appears more promising as a framework for connecting cultural change with biological and ecological change. Nevertheless, the innovative features of niche construction coexist uneasily alongside the same problematic features that limit the usefulness of gene-culture coevolution and dual inheritance theory in cultural anthropology. This article discusses anthropological concerns about niche construction theory, but also suggests ways in which some of them might be reduced if niche construction theory were to incorporate insights from developmental systems theory and actor network theory.

303

**Keywords** | cultural anthropology – niche construction – gene-culture coevolution – evolution of culture

## Introduction

NORTH AMERICAN ANTHROPOLOGY began as a discipline interested in explaining both biological and cultural evolution, but these early efforts have a checkered history, making many contemporary anthropologists suspicious of more recent efforts to theorize about cultural evolution. Toward the end of the nineteenth century, when our discipline was just taking shape, a perspective that is today called

---

\* St. Cloud State University, USA. E-mail: eschultz@stcloudstate.edu

“scientific racism” mobilized ethnographic and historical data to argue that progressively more advanced stages of cultural evolution could be associated with progressively more advanced, phenotypically distinct human populations called “races.” These views had supporters both inside and outside anthropology, and would be called upon in the first third of the twentieth century to justify the tenets of Nazi biology. However, scientific racism was also resisted within anthropology. Franz Boas famously challenged the claims of those who connected different stages of cultural evolution with the biological attainments of different racial groups. He also took on the so-called “diffusionists,” proponents of a rival perspective that associated cultural change with spreading waves of cultural innovation originating in a few unusually inventive societies. There was an implicit supposition of racial difference built into diffusionist views as well: as Alan Barnard points out, diffusionism rested on the assumption that most human populations were uninventive, inferior to the “culture-rich” peoples whose innovations they systematically copied (Barnard 2000, 47).

Boas and his students are credited for exposing the weaknesses both of the extreme unilineal cultural evolutionists and of the extreme cultural diffusionists, and for redirecting the focus of ethnography toward documenting the particular culture histories of specific peoples, an approach that has been called “historical particularism.” While Boas was highly critical of the physical anthropology of his day, which focused on racial classification, he did not give up an interest in patterns of biological development experienced by different human populations in different cultural and geographical settings. For example, his work documenting the changes in head shape experienced by children of immigrants undermined long-held assumptions that head shape was a “hard” indicator of racial membership, and his results that have stood the test of time, in the face of challenges (Gravlee *et al.* 2003a; 2003b).

The legacy of nineteenth-century evolutionism in North American anthropology, and the Boasian critique of that legacy, has been interpreted differently by different anthropologists, both during Boas’s lifetime and afterward. In particular, this legacy has influenced the willingness of many anthropologists even to consider that culture might evolve, fearing that any such consideration must inevitably be tainted by the stagism and racism of anthropological theorizing prior to the Second World War (e.g., Yanagisako 2005). After the war, many anthropologists followed Sherwood Washburn, rejecting the race-focused physical anthropology of the past, and embracing the new direction offered by the evolutionary synthesis. In keeping with the tenets espoused by authors of the synthesis like Theodosius Dobzhansky, the processes of evolution studied by population biologists were considered to be quite distinct from processes of culture change (Ingold 2007, 13). After 1975, however, the “new synthesis” of

sociobiology attempted to explain culture in terms of gene selectionism. Although many anthropologists were attracted by sociobiology (or by its successor, evolutionary psychology) many others remained wary of these efforts, which seemed overly reductionist. In the 1980s and 1990s, dual inheritance theory and the theory of gene-culture coevolution persuasively used population-biology models to demonstrate the limitations of sociobiological reasoning about culture; as a result, the distinction between cultural processes and genetic processes no longer seems to be in doubt. At the same time, these moves have not mollified anthropologists who continue to object that mathematical models of cultural evolution incorporate outdated and problematic assumptions about culture, human individuals, and social groups.

For a long time, these concerns have caused many anthropologists to wrestle with an “anti-antievolutionism dilemma:” while they remain committed to evolution as a natural process, they find it difficult to affirm the currently hegemonic version of evolutionary theory (Schultz 2009). Tim Ingold helped find a way out of this dilemma with his pioneering exploration of “dissident” alternatives to gene selectionism in biology (2000; 2007; 2011). In recent years, more and more anthropologists are finding valuable approaches to evolution in areas of theoretical biology that go “beyond” the evolutionary synthesis of the 1930s and 1940s. Today, these fields include evolutionary development biology (“evo-devo”), plasticity and accommodation, niche construction, epigenetic inheritance, replicator theory, evolvability, multilevel selection and genomic evolution (Pigliucci and Müller 2010, 11, Figure 1.1). Especially attractive has been the “triple inheritance” model of niche construction originally set forth by Odling-Smee, Laland and Feldman (2003), which offers a way to connect cultural change with biological and ecological change in ways that do not harken back to the discredited views associated with scientific racism.

One widely appreciated feature of this model of niche construction is the way it brings *organisms* back into the picture as agents in evolution, a move that was long overdue and most welcome. However, equally significant for many anthropologists is the way this model of niche construction brings *artifacts* into the picture. Triple inheritance theory insists that artifacts play roles in evolutionary processes that are distinct from “informational” factors in evolution, such as genes and “memes” (i.e., unit-like cultural variants). Triple inheritance theory thus persuasively argues against extended phenotype accounts that would conceive of both organisms and the artifacts they create as outcomes of gene action. Triple inheritance theory also challenges dual inheritance models of cultural evolution, which handle material culture poorly and confine “culture” to beliefs, meanings, and values located “mostly in people’s heads” (Richerson and Boyd 2005).

Triple inheritance theory resonates with the growing interest in material culture that has spread beyond archaeology into all fields of anthropology. Many anthropologists are adding niche construction to their theoretical toolkits, sometimes customizing it to do anthropological work of a kind not envisaged by the theory's originators. At the same time, some niche construction theorists in evolutionary biology have demonstrated interest in forging ties with scholars in disciplines like sociology and anthropology. One source of friction (Tsing 2005) will surely be the recent decision by originators of niche construction theory to back away from the triple inheritance model, a matter I address below. From an anthropological perspective, this move is disappointing, but ultimately it may not matter: if anthropologists find a triple inheritance model of niche construction helpful, they will continue to develop it in their own ways, not unlike the ways the anthropological concept of culture has been exapted and put to work in new ways by theorists in disciplines other than anthropology. But I do not rule out all possibilities of reconciliation. This article suggests ways in which niche construction theory might be reformulated in order to overcome friction and establish awkward connections across difference.

*Many anthropologists are adding niche construction to their theoretical toolkits, sometimes customizing it to do anthropological work of a kind not envisaged by the theory's originators. At the same time, some niche construction theorists in evolutionary biology have demonstrated interest in forging ties with scholars in disciplines like sociology and anthropology*

My argument has two parts. In Part I, I defend the original, bold claims of the triple inheritance model of niche construction that gives artifacts their due. Using examples from biological anthropology, archaeology, and sociocultural anthropology, I show how anthropologists are making use of niche construction theory, not always in ways its originators intended, but in ways that retain parity for artifacts while expanding the theory in both scale and scope. In Part II, I consider efforts made by some niche construction theorists to respond to concerns that anthropologists and other social scientists have raised about their theory. I then offer my own proposal about what an "extended" niche construction theory linking anthropology and evolutionary biology might look like, suggesting that the two theoretical frameworks best suited to realize this alliance are *developmental systems theory*.

(which resonates with Boasian-style investigations into human biocultural development currently being pursued in contemporary biological anthropology) and *actor-network theory* (which has already had a significant impact in many areas of anthropological research). Should the collaboration succeed, whether the outcome should be qualified as “development,” as “evolution”, or as something else entirely, remains to be determined.

## Part I

As noted above, many contemporary anthropologists criticize current efforts to theorize cultural evolution because they worry about the resurrection of some version of the cultural stagism associated with scientific racism. Mindful of this legacy, proponents of dual inheritance theory and gene-culture coevolution carefully constructed their accounts of cultural evolution from materials provided by the Modern Evolutionary Synthesis. In this way, dual inheritance theory was famously able to use mathematical models from population biology to demonstrate that under certain environmental conditions, culture (conceived as units of cultural variation analogous to genes) could be favored by natural selection (Boyd and Richerson 1985). But while these efforts made it possible to talk about cultural evolution in ways that did not revive scientific racism, they remained problematic because of the ways in which human cultural practices –and human beings– were distorted to fit the demands of mathematical models. For these reasons, philosopher of biology Tim Lewens calls dual inheritance theory “the kinetic theory of culture” by analogy with the kinetic theory of gases, and he observes –correctly, in my judgment– that anthropologists and others remain hostile to this theory not because they have doubts about the validity of evolutionary theory in general, but because they object to the way this particular use of evolutionary theory atomizes culture and represents human action in simplified, idealized ways (2013). Such accounts appear to deal only with superficial cultural processes, and are unable to account for the emergence and stabilization of large-scale sociocultural structures and networks over the course of human (pre)history. As I show below, some anthropologists interested in these phenomena have not only found the triple inheritance version of niche construction theory helpful, but have drawn attention to ways in which it might be expanded to be better suited to anthropological purposes.

Biological anthropologist Agustín Fuentes, for example, writes that “niche construction is the altering, building, and/or destroying of niches via the mutual interaction of organisms and their environments and is an important force in structuring evolutionary change, alongside natural selection (Odling-Smee *et al.* 2003)” (Fuentes 2012, 110). Fuentes subscribes to the view all of us on earth

today live in the Anthropocene, a geological epoch in which the activities of human beings exert a major influence on global landscapes and climates (2012, 102):

“Anthropogenic habitats emerge via human niche construction ... Humans engage in both intentional and by-product ecological change, which in turn affects the evolutionary pressures on the other species inhabiting human-occupied ecosystems (and adjacent ones). At the global level, humans are ecosystem engineers on the largest of scales, and these altered ecologies are inherited not only by subsequent generations of humans but by all the sympatric species residing within them” (2012, 110).

Fuentes has been instrumental in the development of a research specialty called “ethnoprimatology,” which studies relationships between nonhuman primate species (“alloprimates”) and human populations in a range of different settings around the world. Niche construction plays an important role in ethnoprimatological research, which investigates not only the impact of human activities on traditional primate habitats, but which also highlights those places where particular alloprimates and humans have a long history of mutually sustaining relationships. In all these settings, moreover, the distinctive role played by many kinds of humanly constructed artifacts cannot be ignored:

The construction and expansion of urban spaces, the alteration of forest landscapes, for agricultural or other uses, the creation of roads and other transportation systems, and the rapid increase in human population numbers, and our dietary needs, affect local and regional ecologies, changing aspects of their structure and function. Alloprimates can find themselves completely intertwined in such systems. The expansion of human residential areas into areas of overlap with other primates, especially high-density urbanizations, increases the type and intensity of interaction opportunities with alloprimates and simultaneously alters primate ranging, foraging, and behavior. Increased human building, road construction, forest clearance, and industrial output can affect local microclimates in both temperature and rainfall regimes, shifting patterns and types of plant growth and fruiting in addition to changing the structural landscape. Alloprimates must then adapt their behavior to human structures (Houses, roadways, sewage systems, etc.) and the local climatic and phenological shifts, move away from the impacted area, or perish ... Thus, there appears to be a pattern of ecological selection for those alloprimates that are best able to coexist with humans (e.g. macaque monkeys in South and Southeast Asia, baboons in sub-Saharan Africa) and selection against those who cannot (e.g. apes and leaf monkeys). Human niche construction and its concomitant climate change likely constitute the main selection pressures on other primates today (Fuentes and Wolfe 2002, Strier 2011) (Fuentes 2012, 110-111).

At the same time, Fuentes is comfortable adopting a more conventional definition of niche construction to address questions in biological anthropology where formal mathematical modeling seems appropriate. For instance, he and his colleagues used data on fossil hominids from Africa and formal models incorporating niche construction to test a hypothesis about the factors responsible for extinction of the genus *Paranthropus* and survival of the genus *Homo* (Fuentes *et al.* 2010). Both hominid lineages coexisted in eastern and southern Africa between about 2.5 and 1 million years ago, and both appear to have been targets of the same predators. However, *Paranthropus* disappeared from the fossil record after about 1 million years ago, while the *Homo* lineage has persisted until today. Fuentes and his colleagues hypothesized that niche construction, in the form of social cooperation, might have protected populations of *Homo* from predation, shifting more of the predation burden onto *Paranthropus*. And *Paranthropus*, subject to increased predation levels, but without the buffering provided by a cooperative constructed niche, would eventually have been driven to extinction. The authors concluded that “the underlying concepts behind this model are supported via theoretical and fossil evidence” (Fuentes *et al.* 2010, 440). In describing their methods, they have this to say (Fuentes *et al.* 2010, 436):

Niche construction is defined as the modification by organisms of the functional relationship between themselves and their environment through an active change of one of the factors of that environment. “Through niche construction organisms not only influence the nature of their world, but also in part determine the selection pressures to which they and their descendants are exposed, and they do so in a nonrandom manner” ... Approaching human evolution using a feedback model perspective in the context of niche construction theory (Odling-Smee *et al.* 2003) can provide a strong conceptual tool and support the notion that ameliorating predation pressures may have been a boon to *Homo* but a bane to *Paranthropus*.

The understandings of niche construction employed in these two examples of research in biological anthropology vary in scale and in scope, and the first highlights the role of humanly constructed artifacts while the second does not. But while this variation might trouble some formal theorists, I believe that it illustrates how niche construction theory is being exapted in ways that render it suitable to address matters of concern to anthropologists. In fact, it illustrates a prediction made by the originators of niche construction theory, who argued that “niche-constructing activity will frequently generate multiple forms of feedback over a range of temporal scales” (Laland *et al.* 2005, 39).

Because material culture is imbricated in human evolution from before the origin of our species, *Homo sapiens*, a triple inheritance model of niche construction also seems well suited to research in anthropological archaeology.

After all, archaeology is a field in which “artifacts” are central (e.g., Olsen *et al.* 2012), and in which they are conceived broadly to include not only portable objects but also remodeled features of the landscape at different scales. In a recent collection of papers that includes applications of niche construction outside evolutionary biology, archaeologist Felix Reide explicitly drew on the triple-inheritance model of niche construction (NC) (Reide 2011, 793-794):

The NC model recognizes three domains of inheritance ... genetic, ecological, and cultural –and archaeology can provide proxy information on all three domains. Archaeological data on craft traditions can be used to track cultural inheritance, thereby plotting the historical relationships among past communities of teachers and learners ... In addition, much archaeological data pertains directly to human modification of the biotic and abiotic environments, both locally and transiently, as well as at larger geographical and temporal scales.

In his paper, Reide sought to address the question of whether the domestication of dogs was regularly associated with the emergence of specialized reindeer economies in southern Scandinavia at the end of the last Ice Age (some 15,000 years ago).

He sorted the components of archaeological data sets from this period into the three domains of inheritance recognized by niche construction theory, and then used quantitative methods incorporating niche construction to test for correlations among these domains. His analysis showed “limited positive support for ... a correlated evolution of the use of domesticated dogs as hunting/herding/transport aids and the repeated emergence of specialized reindeer economics.

*Through niche construction organisms not only influence the nature of their world, but also in part determine the selection pressures to which they and their descendants are exposed, and they do so in a nonrandom manner*

Both traits can be understood as a constructed niche dimension and interpreted within the NC framework” (2011, 801).

In other words, Reide’s results suggested that “the fragmentary record of domesticated dogs in the northern European Late Glacial may not be the result of poor preservation, but rather of the fact that dog domestication/use was not a core part of the cultural repertoire at the time,” with the consequence that earlier groups who attempted to domesticate reindeer without dogs eventually contracted and disappeared (2011, 801). However, things were very different for later human groups who moved into this environment with domesticated dogs, and who succeeded in developing early forms of reindeer domestication (2011, 802).

On one hand, archaeologists regularly apply quantitative analyses of their data when this seems appropriate, and Reide's use of niche construction theory in this study simply adds to the number of quantitative theories at his disposal. On the other hand, Reide also observes that archaeologists are interested in matters that stretch well beyond the scope encompassed by conventional quantitative models of niche construction. He points out that archaeologists have long differentiated between what Wendell Oswalt called "weapons/instruments" and "facilities" (Oswalt 1976). "In this view, material culture that reflects personal transmission of information and use, such as projectile points, basketry or pottery (weapons/instruments), provides information on cultural inheritance in the strict sense" (Reide 2011, 794). This "strict" interpretation models niche construction as activity initiated by *individual* organisms that pass on a modified selective environment to future generations. Such an interpretation has been favored, for instance, in discussions of niche construction by philosophers of biology Kim Sterelny (e.g. 2003), although he has recently begun to move away from this view (Sterelny 2012), a point to which I will return below.

However, confining niche construction to the narrow scope of individual niche modification does not encompass Oswalt's category of "facilities": "material culture that reflects a collective transmission of information and use, such as tents, and housing structures, fishing platforms, fortifications as well as field systems," which Reide feels ought to be distinguished as belonging to "the ecological inheritance passed from generation to generation" (2011, 794). Reide agrees with Odling-Smee *et al.* 2003 that attempts to view facilities as extended phenotypes is misguided:

Alternatively, such features could be viewed as part of the human extended phenotype ... but their selective relevance is via modified environments, particularly in subsequent generations born into a niche that already is modified in a given way.... Furthermore, facilities often have a use life longer than a single human generation, and are continuously or periodically modified and changed. These evident ecological modifications cannot be readily related to the genotypes of those who played no part in putting them in place. Instead, they reference the collectively held stock of ecological knowledge and its implementation: a modified environment that constitutes the ontogenetic niche for subsequent generations. (Reide 2011, 794)

Nevertheless, from an anthropological perspective, this *collective* dimension of human niche construction is underdeveloped in niche construction theory; as Lewens observed for dual inheritance theory, "collective" seems to refer to the aggregate sum of all individual niche-constructing activity, and no principled account is offered to explain the varied ways in which human social labor must

have been mobilized to remodel features of the physical environment, in different places and times, to produce Oswalt's "facilities."

In the meantime, anthropologists have explored this matter on their own. Stephen Lansing, for instance, is an environmental anthropologist who has worked for many years on the Indonesian island of Bali, combining ethnographic research and joint investigations with colleagues from different disciplines, in an ongoing project to trace the historical development and stabilization of the irrigated rice terrace agriculture for which the island has long been famous. Unlike discussions of niche construction that focus on foraging or herding peoples, the study of niche construction in Bali involves "niche construction in a complex society" (Lansing and Fox 2011, 927). Anthropologists generally define complex societies as those with a permanent division into social strata, and which are also characterized by craft specialization of various kinds (pottery, metallurgy, textile manufacture). Members of complex societies also construct permanent dwellings and other structures that support habitats engineered to sustain and protect the domesticated species of plants and animals on which they depend for survival. Bali's irrigated rice agriculture depends on a network of water temples and their associated canals, tunnels, aqueducts and terraces. Its origins go back a thousand years. Lansing and Fox ask: Is this an example of niche construction (2011, 927)?

The question must be posed because, as they point out, "Presently, there is little role for conscious planning in the theory of niche construction, which explains the intricate architecture of environments like termite mounds as products of Darwinian selection. But in cases like the rice terraces, the role of conscious intention cannot be ignored" (2011, 927). Philosophers like Hegel and Marx, by contrast, did explain human architectural achievements as the product of conscious intention. And so the challenge is this: "If human niche construction is to account for historical phenomena like the Balinese case, the analytical focus must be broadened to include the global-scale consequences of conscious innovation as well as the transmission of existing repertoires of cultural information" (2011, 927-928). Note that Lansing and Fox are unwilling to limit culture to that which exists "mostly in people's heads." Indeed, their test case would fit comfortably within Fuentes' definition of niche construction as "the altering, building, and/or destroying of niches via the mutual interaction of organisms and their environments."

One theory of the history of the water temple system attributes its origin to the work of Balinese kings; another theory (the "budding model"), supported by Lansing's previous research, argues that irrigation on Bali expanded *without* the involvement of a powerful elite. According to this second model, from at least the eleventh century BCE, groups of farmers began organizing themselves into community-level institutions called *subaks*, "associations of farmers who

managed irrigation water from a common source, such as a spring or irrigation canal" (Lansing and Fox 2011, 928). In this article, Lansing and Fox propose a new test for the "budding model" of the water temple system: "if the expansion of irrigation was accomplished by the farmers themselves ... the budding model would predict the formation of small communities located along irrigation systems, with the oldest settlements located at the irrigation outtakes nearest to the most ancient weirs or springs" (2011, 928). Because settlements are organized around groups of related men, Lansing and Fox compared Y-chromosome and mtDNA data collected from subaks located in two regions of Bali, as well as with a control group of randomly selected men from each of geographical regions of Bali. The results showed a strong correlation between Y-chromosome and mtDNA data for the set of subaks in one region (Sebatu) but not for the set of subaks in the other region (Tabanan) or for the random Balinese sample (2011, 928). The Sebatu results, they argue, provide genetic evidence that is consistent with results from Lansing's earlier work on the water temple system, which provided evidence for evolutionary feedback and ecological inheritance connecting the timing of irrigation and risks to the rice harvest from pests. This also adds to evidence from a "natural experiment" in the 1970s that occurred when Green Revolution rice was introduced to Bali, along with new procedures for planting and harvesting. These changes disrupted irrigation patterns, and rice pest populations were out of control within two years. "It was only when farmers spontaneously returned to synchronized planting schemes that harvests began to recover" (Lansing and Fox 2011, 931).

The "budding model" thus assigns subaks a central role in the agricultural system. Lansing and Fox hypothesize a historical process in which "incremental feedback learning becomes consolidated in the social norms of the subak institution that encourage cooperation among farmers" creating "an ecological inheritance of modified selection pressures for descendant populations, and is thus consistent with a process of niche construction" (2011, 931). Lansing and Fox also draw attention to ongoing forms of social labor that are required to maintain and repair the irrigation canals and tunnels that bring water to rice terraces. But the most important cultural achievement that makes the water temple system function is a hybrid agricultural calendar that lets "groups of subaks manage irrigation using complex interlocking schedules" (2011, 933). Lansing further argues that over the course of Balinese history, the patterns of nesting cycles associated with this calendar have been repeatedly applied in many domains of Balinese culture, "contributing to a mental and physical landscape of pleasing harmonies and perceptible coherence"—producing what he calls "perfect order" (Lansing and Fox 2011, 933; Lansing 2006).

The role of the construction and maintenance of artifacts—temples, canals,

aqueducts, and terraces—is central to Lansing's account of the water temple system. But if niche construction in the form of synchronized planting schemes may be accounted for using traditional Darwinian methods, these are insufficient to account for the origin and operation of the agricultural calendar, which reliably sets the many features of this engineered landscape into motion. What is needed is a way to account for “the emergence of meaningful patterns in social institutions” and “the historical process by which social institutions facilitate or impede the spread of ideas and processes of social learning” (Lansing and Fox, 2011, 933). Lansing and Fox conclude that if the engineered landscape of Balinese rice terraces IS to be considered an example of niche construction, then the theoretical apparatus of niche construction will need to expand to include the insights of philosophers like Hegel and Marx.

To sum up, a theory of niche construction suitable for anthropologists must have at least three key features. First, it should retain (and build on) the triple inheritance focus that accords artifacts parity alongside genes and ideational forms of culture. For some, the key virtue of this formulation is that it prevents artifacts from being merged either with ideational culture “mostly in people's heads” or with abiotic features of the physical environment. Second, niche construction needs to be seen as operating on multiple scales, including theoretical tools appropriate for studying the niche-constructing behaviors of individual organisms, but also incorporating theoretical tools appropriate for studying niche construction on scales up to and including global processes of the Anthropocene. Finally, in conjunction with this second feature, niche construction must be conceived more broadly in scope, ranging from unconscious interventions by individual organisms to the consciously planned and jointly realized efforts of ecological engineering and maintenance carried out in complex societies. It is therefore unfortunate, from an anthropological perspective, that more recent formulations of niche construction theory have found the “triple inheritance system unnecessarily complicated and constraining” and that the replacement version proposes collapsing cultural and ecological inheritance systems “into a single ecological inheritance system consisting of informatic as well as physical material and energy resources ” (Kendal *et al.* 2011, 787). In view of the foregoing discussion, this reformulation makes niche construction theory less, rather than more, appealing to anthropologists. And it may well not matter to anthropologists who seem inclined to build on the insights present in triple inheritance theory as they forge new tools for studying human evolutionary history. But there may be another way forward, which I explore in Part II.

## Part II

As we have seen, many anthropologists and other scholars in the social sciences and humanities have resisted attempts to explain human cultural processes, such as the evolution of culture, in ways that disregard contributions made by their own disciplines in addressing such matters. Objections may include the worry that niche construction theory, like dual inheritance theory, is just another “kinetic theory of culture.” This worry may not be misplaced, given the recent revision of niche construction theory that was noted above. But niche construction theorists have not been insensitive to the concerns of critics from outside evolutionary biology. One notable attempt to respond to critics in the social sciences and the humanities is found in a recent paper by Jeremy Kendal (2011). This response was motivated, he tells us, by a critique of niche construction theory by psychologist Mary Gauvain, who found its account of psychological development “underspecified,” and who insisted that any account of human psychological development required “the critical examination and incorporation of … the mind as a symbol generating, meaning-making, artifact-devising, socially transmitting system that is simultaneously an individual, social, and historical (cross-generational) phenomenon” (Kendal 2011, 242). Kendal takes up Gauvain’s challenge: “This article makes a start by summarizing four pertinent theories developed by sociologists, cognitive scientists, and sociocultural anthropologists: *situated learning, activity theory, practice theory, and distributed cognition*” (2011, 242).

These theories are likely to be familiar to many contemporary sociocultural anthropologists, and Kendal’s effort to explore developments in social theory that postdate Durkheim is welcome (cf. Wilson 2002). However, the fact that he is responding to the critique of a psychologist is significant, not because anthropologists do not study individual cultural development (which we have done since the middle of the last century), but because anthropology, unlike psychology, is equally interested in studying cultural structures and processes that do not center on individuals (as illustrated by the three case studies reviewed in Part I). Moreover, the goal of Kendal’s theoretical summary is equally significant: he is setting out *only* to identify “points that are particularly relevant in a cultural niche-construction approach” (2011, 242). And so Kendal’s review is highly selective: he emphasizes only those features of these four theoretical perspectives that can be fit into a version of niche construction understood as “a quantitative framework to account for historical contingency on patterns of culture change” (2011, 242).

As a result, anthropologists who are familiar with Jean Lave’s work on situated learning may be surprised that Kendal’s discussion of legitimate peripheral participation by apprentice tailors in Monrovia in the 1970s says nothing about

the larger political context in which these activities were situated. But as Lave has recently emphasized, the centrality of relations of power must always be included in accounts of apprenticeship:

If you block issues of force, power, and conflict, it is all too easy to see learning and teaching as completely benign processes, making unaskable question about the conflicts and tensions, the relations of mutual need and potential threat, that masters and apprentices represented for each other (2011, 89).

Similarly, anthropologists familiar with the work of Lev Vygotsky, and his influence on later generations of cultural psychologists (and linguists), may be surprised to read how narrowly the effect of cultural and historical contexts on individual learning are conceived, in order to make them suitable for embedding in a quantitative model of cultural niche construction that measures “within-individual learning dynamics in an evolutionary framework” (2011, 244).

Kendal's treatment of Antony Giddens' practice theory may surprise some anthropologists the most. His analysis focuses on *The Constitution of Society* (1984), in which Giddens develops his theory of structuration. Kendal finds many instances where concepts developed by Giddens may be matched to concepts developed within niche construction theory. Most significant seems to be the fact that structuration sets forth a model of reciprocal causation between agency and structure that resonates with the reciprocal causation between niche-constructing organisms and the environment that is central to niche construction theory. It is quite correct, therefore, for Kendal to describe structuration theory as pertinent for his purposes, but much has changed in the thirty years since Giddens' book was written, not only in theory in sociocultural anthropology but also in the work of Anthony Giddens. The forms of social and cultural closure that structuration theory presupposes (sometimes called “holism”) became less helpful for many sociocultural anthropologists after the Cold War ended in 1989, when societies that had been presumed separate and self-contained, each equipped with its own culture, began to loosen up. Borders softened, and new flows of people, wealth, commodities, ideas, and ideologies began to sweep across the globe, provoking intense processes of deterritorialization, reterritorialization and cultural hybridization (Appadurai 1996). Anthropologists searched for theoretical tools that could help make sense of these unruly movements, and structuration theory was not a strong contender, given its modernist assumptions about both “structure” and “agency.” Nevertheless, in light of the theoretical challenges facing niche construction theorists from within evolutionary biology (see, e.g., Laland *et al.* 2013), a field in which unidirectional causation leading from selection on genes to everything else still has

many adherents, reciprocal causation must appear radical indeed—perhaps as radical as structural-functionalism first appeared in British social anthropology at the beginning of the twentieth century. From an anthropological perspective, therefore, it is an encouraging move, despite its limitations.

Kendal's treatment of distributed cognition, however, is especially interesting. He cites cultural psychologist Michael Cole's important observation (1995: 190) that

the species specific characteristic of human beings is their need and ability to inhabit an environment transformed by the activity of prior members of their species. Such transformations and the mechanism of the transfer of these transformations from one generation to the next are the result of the ability/proclivity of human beings to create and use artifacts—aspects of the material world that are taken up into human action as modes of coordinating with the physical and social environment (Kendal 2011, 246).

He also cites the work of Wheeler and Clark (2008) who “consider aspects of structured learning environments as *extended cognitive systems*: ‘Non-organic props and aids, many of which are either culturally inherited tools or structures manipulated by culturally transmitted practices, might themselves count as proper parts of extended cognitive processes’” (2011, 246). As Kendal points out, these kinds of theoretical tools invite niche construction theorists to consider “a large range of cultural phenomena that may be subject to cumulative cultural evolution and effects of developmental niche construction, but for which there has been negligible enquiry from within the field of cultural evolution, including the consideration of cultural traits that could not be invented by a single individual” (2011, 246). More than any of the other perspectives Kendal reviews, this perspective pays attention to artifacts, and breaks with many of the assumptions taken for granted in standard cognitive science approaches.

Kendal also approvingly refers to the work of anthropologists Bonnie Nardi (1996) and Will Hutchins (1995), and to the work of philosopher Andy Clark (2011), all of whom emphasize that cognition is not something that takes place inside our heads, but is the product of the changes in relational structures of biotic and abiotic components that are both internal and external to the mind (2011, 247). I find these arguments extremely persuasive. But taking them seriously would mean that we needed to abandon once and for all the presumption that our insides and our outsides are fully external to one another. Surely echoing many others, Kim Sterelny once stated that “There is probably a reasonably principled organism-environment boundary” (2005, 31). To make the most of a version of niche construction rooted in distributed cognition, however, it will be necessary to reconsider this opinion.

Kendal himself suggests the directions to explore: developmental systems theory and actor network theory. Developmental systems theory offers a principled way to negotiate the organism-environment boundary to which Sterelny refers. As we have seen, Kendal's focus is on the scaffolding of *individual* learning by a constructed learning environment, and he writes: "*developmental systems theory* also recognizes the importance of this type of interaction [between learner and constructed learning environment], noting that 'the unit of both development and evolution is the developmental system, the entire matrix of interactants involved in a life cycle' (Griffiths and Gray 2001, 206)" (2011, 247). Thinking about developmental systems as units may ease the discomfort of those who take boundaries seriously, simultaneously highlighting the heterogeneous assemblage of biotic and abiotic interactants that make up such a system, while suggesting that this assemblage is not too unruly to be identified as a unit. Indeed, I found this way of thinking about developmental systems helpful when I first encountered developmental systems theory. But it does seem a retreat from full parity between organism and environment, and therefore is somewhat contradictory to niche construction theorists' own declaration of a "desire to focus on the *symmetry* between organism and environment," which was one of the reasons they came to reject the notion of extended phenotypes: "The extended-phenotype approach retains the notion of organismal adaptation to environment rather than the coevolutionary dynamics of both" (Laland, Odling-Smee and Feldman 2005, 52).

As Kendal observes, developmental systems theorists Paul Griffiths and Russell Gray are also committed to a *parity thesis* (Kendal 2011, 247):

...the roles played by the many causal factors that affect development do not fall neatly into two kinds, one exclusively played by DNA elements the other exclusively played by non-DNA elements... Instead there are numerous important distinctions to be drawn amongst the causal roles played by developmental factors (Griffiths and Gray 2005, 420).

Kendal compares this parity thesis with the *Parity Principle* proposed by theorists of distributed cognition (Kendal 2011, 247). Andy Clark (2008, 77) defines the Parity Principle as follows:

If, as we confront some task, a part of the world functions as a process which, were it to go on its head, we would have no hesitation in accepting as part of the cognitive process, then that part of the world is (for that time) part of the cognitive process. (Clark and Chalmers 1998, 8).

Clark explains that the Parity Principle provides “a ‘veil of ignorance’ style test meant to help avoid biochauvinistic prejudice” (2008, 77). Although Clark’s focus is individual cognition, he has no difficulty conceiving of cognitive systems as “hybrid systems displaying novel cognitive profiles that supervene on more than the biological components alone” (2008, 99). Clark seems willing to reach fairly far into the world outside the skull as he traces connections between components of hybrid cognitive systems: “the parity claim was specifically meant to *undermine* any tendency to think that the shape of the present-day, human inner-processes sets some bar … on what should count as part of a genuinely cognitive process” (2008, 114; emphasis in original).

As an anthropologist who sometimes (but not always) focuses on individual human cognition, I am intrigued by Clark’s observation that “The Parity Principle was meant to engage our rough sense of what we might intuitively judge to belong to the domain of cognition—rather than, say, that of digestion—but to do so without the pervasive distractions of skin and skull (2008, 114). If we follow out this observation fully, I contend, we might well discover that seemingly far-flung strands of the heterogeneous “web” spun and maintained by the cognizing organism (Clark 2008, 123) may (counterintuitively) turn out to belong in the domain of cognition. Consider, for instance, how nourishing food is an external resource that contributes to a well-functioning brain, but that it may be unavailable in sufficient amounts to particular cognizing individuals because of political economic arrangements in the wider society that make it too expensive for these individuals to purchase. Thus do matters of digestion link back to cognition. And some anthropologists might find these political economic arrangements so important and complex as to merit research focus in their own right, while still acknowledging the threads that link these arrangements back to individuals who cognize (and eat).

This kind of open-endedness—in which developmental systems are entangled with wider features of the world, including biotic and abiotic resources whose availability maybe affected by economic and political institutions—is explicitly provided by Susan Oyama’s concept of developmental system. Oyama defines a developmental system (DS) as “an organism (or other developing entity) and its developmentally relevant environments, all approachable on multiple temporal and spatial scales” (2011, 1). Oyama observes that

Depending on how they are observed, DSs can demonstrate great regularity (certain metabolic cycles and behavioral routines, say) but such orderliness is not criterial. Their workings run the gamut from well-protected reliability to extremely loose, variable associations among their *interactants* (participants in the DS, abiotic and biotic, including the organism itself) (2011, 2).

This suggests that conceiving of a DS as a *unit*, as indicated in the definition offered by Griffiths and Gray above, might be better understood as the consequence of observing a DS from a particular point of view, perhaps when it is at its most orderly. If such unit-like orderliness is not criterial, however, there is nothing to stop interested researchers (anthropologists, perhaps) from tracing the threads that interweave the development of cognition in a human individual with political economy and digestion.

Oyama insists that a developmental system, conceived in the open-ended way she favors, “integrates organisms with their developmental worlds, pressing academic specialties to achieve a kind of collaboration that does justice to that relation... DSs virtually demand a multi-disciplinary approach (2011, 3). Paying this kind of attention to developmental processes has proved valuable in recent anthropological work that emphasizes the importance of distinguishing between “genetics” and “biology” in investigations of connections between “race” and disease. Clarence Gravlee, for example, has developed an approach that brings together what anthropologists have learned about “race”: first, race does not line up with patterns of genetic variation in human populations; second, race is a sociocultural and historical construct that shapes the circumstances of people’s lives; and third, awareness of the consequences for health of living under racist conditions constitutes “a mandate for ethnographic research on the social reality of race and racism ... to identify ... the experiences and exposures that shape the emergence and persistence of racial inequalities in health” (2013, 41).

Gravlee and his colleagues used this approach to carry out research in Puerto Rico, attempting to explain why darker skin pigmentation was associated with higher blood pressure. They discovered that skin color had two dimensions that needed to be distinguished: “the phenotype of skin pigmentation and the cultural significance of skin color as a criterion of social status” (2013, 38). Measurement of skin pigmentation was carried out using the method of reflectance spectrometry, which reliably estimates the concentration of melanin in the skin. Measurement of the cultural relationship between skin color and social status required ethnographic methods. This “biocultural” (or “biosocial”) approach revealed that Puerto Ricans with darker skins and higher socioeconomic status actually experienced higher blood pressure than other Puerto Ricans. This was interpreted as resulting from the fact that such individuals were likely to experience more intense racism as their social status increased, thereby producing increasingly frustrating social interactions that contributed to higher blood pressure (2013, 38). When Gravlee and his colleagues later included genetic-based estimates of African ancestry, they found that adding sociocultural data to the model revealed a statistically significant association between blood pressure and a particular candidate gene for hypertension—an association that

was not evident in the analysis including only African ancestry and standard risk factors. This finding suggests that taking culture seriously may both clarify the biological consequences of social inequalities and empower future genetic association studies" (2013, 39).

"DSs are open-ended," Oyama writes, "yet constrained and constraining ... An ontogeny—a developmental course—conceived in these terms integrates organisms with their developmental worlds" (2011, 2-3). Gravlee's work illustrates the promise of taking this openness seriously. Oyama's approach to developmental systems theory also resonates with actor network theory, a connection Oyama has herself recognized (2000, 126; 2011, 22, n57). Actor network theory studies the properties of heterogeneous assemblages of humans and nonhumans, living and nonliving, as these emerge and stabilize (or destabilize) over time and space. It has been influenced in particular by the writings of Michel Callon (1986, 1991) and Bruno Latour (1987, 2005). Latour has recently defined an actor-network as follows (2011, 797-798):

In its simplest but also in its deepest sense, the notion of network is of use whenever action is to be redistributed... Take any object: At first, it looks contained within itself with well-delineated edges and limits: then something happens, a strike, an accident, a catastrophe, and suddenly you discover swarms of entities that seem to have been there all along but were not visible before and that appear in retrospect necessary for its sustenance. You thought the Columbia shuttle was an object ready to fly in the sky, and then suddenly, after the dramatic 2003 explosion, you realize that it needed NASA and its complex organizational body to fly safely in the sky... The action of flying a technical object has been redistributed throughout a highly composite network where bureaucratic routines are just as important as equations and material resistance... What was invisible becomes visible, what had seemed self-contained is now widely distributed... The search for the production of object and of objectivity is totally transformed now that they are portrayed simultaneously in the world and inside their networks of production.

Actor-network theory has been influential in many fields of contemporary anthropological research, particularly in the anthropology of science, technology and medicine. It has close ties to the "cyborg anthropology" based on the work of Donna Haraway, whose interests expanded from biology to include the possibilities and dangers associated with assemblages of humans and high technology in fields from weapons development to biomedicine (Haraway 1991, Gray *et al.* 1995). Additionally, Haraway's work on cross-species relations (Haraway 1989, 2008) has informed research in fields like ethnoprimateology.

Once the organism-environment boundary dissolves, heterogeneous assem-

blages of many kinds are revealed. In a recent article, I highlighted many similarities between actor-network theory and the triple-inheritance model of niche construction, arguing that reconceiving of niche construction in actor-network terms could facilitate multidisciplinary connections to disciplines outside biology where actor-network theory has become established, such as anthropology (Schultz 2013). For example, I show how anthropologist Paige West's account of economic development in highland New Guinea (West 2006) depends on recognizing a variety of actants (i.e., living and nonliving participants in an actor network). West draws readers' attention to the "biotic" and "abiotic" artifacts that sustained life in her field settings. The cultural mediations she describes involved not just "humans" in the lump, but a specific heterogeneous community of humans composed of indigenous Gimi people and outsiders from Australia, the United States, and elsewhere in Papua New Guinea; and they were connected not just to "the environment" in the lump, but to specific mountains and forests, to birds of paradise and trees with harpy eagle nests, to game animals, and to swiddens. These heterogeneous living actants intertwined with heterogeneous nonliving actants: the tools of the hunters and farmers, such as bush knives; imported tinned fish that replace the pork they no longer eat; dwellings for residents, five church buildings, a health post perennially out of medicine, and a school. Particularly salient were a village airstrip and planes run by the Seventh Day Adventist Church that provided the community of Maimafu with its sole link to the outside world. The significance of this link became apparent when West pointed out that villagers grew cash crop coffee that needed to be flown out on these planes before it could be sold. "The airfreight charges paid to the mission planes fluctuate according to the price of fuel, thus tying Maimafu and other rural places that grow 'airstrip coffee' to the global political economy of oil" (2006, 106).

Susan Oyama asks, "When we are told it takes a village to sustain a child, we could wonder, And what does it take to sustain a village?" (2011, 27). Paige West provides one answer, and her answer emphasizes what actor network approaches in anthropology can add to discussions of organism-focused studies of niche construction. Niche construction, explicitly informed by actor network theory, would pay attention to "the social" in the production of space, but the "the social" would be reconceptualized in terms of "collectives," in which humans are attached to nonhumans, living and nonliving, physical and nonphysical (Latour 2005). Acknowledging this would mean, among other things, that organisms, cultures, and environments would need to be approached as emergent hybrid products of "natureculture" (Haraway 2008, 6-7; Latour 1993, 7). For example, it would mean acknowledging the naturalcultural heritage of Gimi country itself: as West argues, "The biodiversity that exists in and around Maimafu, through

the subsistence patterns that the NGO wishes to curtail, produced the landscape in which they live. So there is, therefore, no ‘pristine condition’ to preserve” (2006, 178).

Actor network theory also shows how to fill the gaps that always open up in discussions of distributed cognition, when analysts refer to the items that cognizing individuals “co-opt” from the world outside their bodies. In these accounts, the pencil and paper a person relies on to carry out a math calculation pop in and out of existence, cut off from those parts of the wider world that make them available to the cognizing individual in the first place. Actor network theory would not rule out a focused analysis of distributed cognition, but it would not cut the threads that entangle pencils and paper to stationary stores and paper processing plants and the cutting down of forests for wood pulp, or to the settings in which graphite and wooden cylinders were first brought together centuries ago. Incorporating actor network thinking into discussions of developmental systems, of organisms with distributed cognition, and of organisms that engineer parts of their own (and others) ecological niches would be, I submit, a serious move toward doing justice to all of them. Kendal cites the early work of Bonnie Nardi in connection with activity theory, but her more recent work also incorporates actor network thinking (e.g., Nardi 2010; Leonardi *et al.* 2012). Kim Sterelny may be incorporating actor network thinking into his own views (Schultz 2013b).

My 2013 article also examined connections between niche construction and archaeology. To that discussion, I would only add here that conversations between niche construction theorists and archaeologists like Reide are already taking place, and more conversations should be encouraged, especially with archaeologists who take actor network theory seriously (e.g. Hodder 2012, Olsen *et al.* 2012, Olsen 2010). For these archaeologists, symmetrical treatment for artifacts and people is noncontroversial (see, for example, Olsen *et al.* 2011, 11-14). Similar views can also be found in studies of material culture by socio-cultural anthropologists (e.g. Miller 2005).

Archaeologist Ian Hodder has recently proposed a “distributed” account of the Neolithic transition from hunting and gathering to agriculture in Southwest Asia (2006, 18-19). His proposal has many features that can be found in archaeologists’ use of actor network theory. First, he steps away from conventional explanations that rely on single events or causes. Using rich materials from sites like Çatalhöyük in Turkey, where he has worked for many years, Hodder argues instead that the Neolithic transition is better viewed as “a process dispersed through many areas of life” and “spread over a very long period of time,” involving conscious and unconscious practices that draw on people, artifacts, and habitats, give rise to new challenges, and provoke new responses from

human populations (2006, 19). Recently, Hodder has compared this approach (now called “entanglement”) to niche construction:

The concept of niche construction brings evolutionary approaches closer to entanglement as defined here, and yet the notion of niche remains rather passive, a background to change, rather than engaging with the dialectical tensions between all the dependencies and dependences within the full realm of entanglement. There remains the potential, however, for exploring the ways in which an evolutionary approach can contribute to understanding the transformations of entanglements (2012, 151).

Hodder’s conclusion is encouraging. There is no question that niche construction theory has had a remarkable stimulating effect on research in anthropology, and that good prospects exist for overcoming many of the awkward features that currently inhibit fuller cooperation between its advocates in evolutionary biology and its enthusiastic promoters in anthropology. Attention to the rich possibilities of entwining open-ended accounts of development with open-ended accounts of actor networks may intimidate some, but the risk is worth taking. Connecting the innovative potential of the triple inheritance model of niche construction with insights from developmental systems theory and actor network theory, points the way to fresh and powerful ways of theorizing the cultural, biological and ecological linkages—the naturalcultural linkages—that characterize human evolutionary history. □

## References

- Barnard, Alan. *History and Theory in Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Boyd, Robert, and Peter J. Richerson. *Culture and the Evolutionary Process*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.
- Callon, Michel. «Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St. Brieuc Bay.» In *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge*, edited by John Law, 196-233. London: Routledge, 1986.
- . «Techno-Economic Networks and Irreversibility.» In *A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination*, edited by John Law, 132-65. London: Routledge, 1991.
- Clark, Andy. «Precis of Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension.» *Philosophical Studies* 152 (2011): 413-16.
- . «Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension.» Oxford University Press, New York, 2008.

- Fuentes, Agustín. «Monkeys, Humans and Politics in the Mentawai Islands: No Simple Solutions in a Complex World.» In *Primates Face to Face: The Conservation Implications of Human and Nonhuman Primate Interconnections*, edited by Agustín Fuentes and L. D. Wolfe, 187-207. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- . «Ethnoprimatology and the Anthropology of the Human-Primate Interface.» *Annual Review of Anthropology* 41 (2012): 101-47.
- and L. D. Wolfe. *Primates Face to Face: The Conservation Implications of Human and Nonhuman Primate Interconnections*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- , Matthew Wyczalkowski and Katherine C. MacKinnon. «Niche Construction Through Cooperation: A Nonlinear Dynamics Contribution to Modeling Facets of the Evolutionary History in the Genus Homo.» *Current Anthropology* 51, nº 3 (2010): 435-44.
- Gravlee, Clarence. «Race, Biology, and Culture: Rethinking the Connections.» In *Anthropology of Race*, edited by John Hartigan, 21-41. Santa Fe, NM: School for American Research, 2013.
- , H. Russell Bernard and William Leonard. «Boas's *Changes in Bodily Form*: The Immigrant Study, Cranial Plasticity, and Boas's Physical Anthropology.» *American Anthropologist* 105, nº 2 (2003): 326-32.
- , H. Russell Bernard and William Leonard. «Heredity, Environment, and Cranial Form: A Re-Analysis of Boas's Immigrant Data.» *American Anthropologist* 105, nº 1 (2003): 125-38.
- Gray, Chris Hables. *The Cyborg Handbook*. New York: Routledge, 1995.
- Griffiths, Paul and Russell Gray. «Darwinism and Developmental Systems.» In *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*, edited by Susan Oyama, Paul Griffiths, and Russell Gray, 195-218. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- Haraway, Donna J. *Primate Visions. Gender, Race, and Nature in The World of Modern Science*, New York: Routledge, 1989.
- . *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*. New York: Routledge, 1991.
- . *When Species Meet*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2008.
- Hodder, Ian. *The Leopard's Tale: Revealing the Mysteries of Çatalhöyük*. London: Thames & Hudson, 2006.
- . *Entangled: An Archaeology of the Relationships between Humans and Things*. NY: John Wiley & Sons, 2012, 264.
- Hutchins, Will. *Cognition in the Wild*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- Ingold, Tim. *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling & Skill*. London; New York: Routledge, 2000.

- Ingold, Tim. *Lines: A Brief History*. London; New York: Routledge, 2007.
- . *Being Alive: Essays on Movement, Knowledge and Description*. London; New York: Routledge, 2011.
- . «The Trouble with 'Evolutionary Biology'.» *Anthropology Today* 2, 23, (2007): 13-17.
- Kendal, Jeremy. «Cultural Niche Construction and Human Learning Environments: Investigating Sociocultural Perspectives.» *Biological Theory* 6 (2011): 241-50.
- , Jamshid Tehrani and F. J. Odling-Smee. «Human Niche Construction in Interdisciplinary Focus.» *Philos. Trans. R. Soc. London. B. Biol. Sci.* 366 (2011): 785-92.
- Laland, Kevin, F. J. Odling-Smee and Marcus W. Feldman. «On the Breath and Significance of Niche Construction: A Reply to Griffiths, Okasha and Sterelny.» *Biol. Phil.* 20 (2007): 37-55.
- , F. J. Odling-Smee, W. Hoppitt, and Marcus W. Feldman. «Proximate and Ultimate: A Debate.» *Biology and Philosophy* 28, nº 5 (2013): 719-810.
- Lansing, J. Stephen. *Perfect Order: Recognizing Complexity in Bali*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2006.
- and Karyn M. Fox. «Niche Construction on Bali: The Gods of the Countryside.» *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 366 (2011): 927-934.
- Latour, Bruno. *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-theory*. Oxford; New York: Oxford University Press, 2005.
- . «Networks, Societies, Spheres: Reflections of an Actor-Network Theorist. International Journal of Communication.» *International Journal of Communication* 5 (2011): 796-810.
- . *We Have Never Been Modern*. Harvard University Press, 1993.
- . *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1987.
- Leonardi, Paul M., Bonnie Nardi and Jannis Kallinikos, (eds.), *Materiality and Organizing* Oxford: Oxford University Press, 2012.
- Lewens, Tim. «The Kinetic Theory of Culture.» Paper presented at the meetings of the International Society for the History, Social Studies, and Philosophy of Biology, 2013.
- Nardi, Bonnie A. «Studying Context: A Comparison of Activity Theory, Situated Action Models, and Distributed Cognition.» In *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interactions*, edited by Bonnie Nardi, Cambridge, MA: MIT Press, 1996.
- . *My Life as a Night Elf Priest*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2010.
- Odling-Smee, F. John, Kevin N. Laland and Marcus W. Feldman. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton: Princeton University Press, 2003.

- Oswalt, Wendall. *An Anthropological Analysis of Food-Getting Technology*. New York: John Wiley and Sons, 1976.
- Oyama, Susan. «Sustainable Development: Living With Systems.» Paper presented at meetings of the International Society for History, Philosophy, and Social Studies of Biology, 2011.
- Pigliucci, Massimo and Gert Miller. *Evolution: the Extended Synthesis*. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.
- Reide, Felix. «Adaptation and Niche Construction in Human Prehistory: A Case Study from the Southern Scandinavian Late Glacial.» *Phil. Trans. R. Soc. B* 366, 793-808.
- Richerson, Peter and Robert Boyd. *Not By Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- Schultz, Emily. «Resolving the Anti-Antievolutionism Dilemma: A Brief for Relational Evolutionary Thinking in Anthropology.» *American Anthropologist* 111, 2 (2009): 224-37.
- . «Backing Into the Actor Network? Wrestling With the Implications of Niche Construction and Human Cultural History.» Paper presented at meetings of the International Society for the History, Philosophy, and Social Studies of Science, 2013.
- . «New Perspectives on Organism-Environment Interactions in Anthropology.» In *Entangled Life*, edited by Gillian Barker, Eric Desjardins, and Trevor Pearce, 79-102. Dordrecht: Springer. 2013.
- Sterelny, Kim. «Made By Each Other: Organisms and Their Environment.» *Biology and Philosophy* 20 (2005): 21-36.
- . *The Evolved Apprentice*. Cambridge, MA: MIT Press, 2012.
- Strier, Karen. «Conservation.» In *Primates in Perspective, 2nd ed.*, edited by Christina J. Campbell, Agustín Fuentes, Katherine C. MacKinnon, Melissa Panger and Simon K. Bearder, 664-75. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- Tsing, Anna Lowenhaupt. *Friction: An Ethnography of Global Connection*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.
- West, Paige. *Conservation is Our Government Now: The Politics of Ecology in Papua New Guinea*. Durham, NC: Duke University Press, 2006.
- Wheeler, M and A. Clark. «Culture, Embodiment, and Genes: Unraveling the Triple Helix.» *Philos Trans R Soc B* 363 (2008): 3536-75.
- Wilson, David Sloan. *Darwin's Cathedral: Evolution, Religion and the Nature of Society*. Chicago: University of Chicago Press, 2002.
- Yanagisako, Sylvia. «Flexible Disciplinarity: Beyond the Americanist Tradition.» In *Unwrapping the Sacred Bundle: Reflections on the Disciplining of Anthropology*, edited by Daniel Segal and Yanagisako, Sylvia, 78-98. Durham, NC: Duke University Press, 2005.



## On the Crisis of the Concept of Gene, and Levels of Organization of Matter

Extracts from the interview between *INTERdisciplina* and Steven Rose,\* who approaches various aspects of discussions among theorists on biology, in the light of new discoveries.



*In your opinion, what are the limitations of the classical concept of gene, in the light of recent knowledge concerning genotype-environment (or environment-genotype) interactions? What are the consequences of the crisis this concept is going through, or of its reformulation in a new outlook on nature that recognizes the existence of multiple levels of causality?*

The ‘classical’ concept of the gene—by which I mean the simplified way in which it had been presented in teaching texts and texts of advocacy like *The Selfish Gene* (Richard Dawkins, Oxford University Press, 1976), was in trouble long before the sequencing of the human genome—. You could argue that it was in trouble ever since the attempts to replicate Mendel’s sweet pea studies with other species back around 1900.

There’s always been a discrepancy between the way population geneticists/evolutionary biologists modelled genes as heritable units and the molecular biologists’ understanding of what constituted a gene. For the former, genes are theoretical entities to be plugged into equations—eg Dawkins’ example of ‘a gene for bad teeth.’ For the latter, genes are engaged in day to day molecular interactions especially during development: the Beadle–Tatum one gene = one enzyme, or one gene = one protein simplifying concept of the 1930s was a fine heuristic model at the time, but was of course unsustainable as genetic knowledge increased).

This discrepancy has been exacerbated by—was part of the—split between genetics and developmental biology, which began in the early part of the last century and continued almost until the present day. But now we see how Evelyn Fox Keller’s<sup>1</sup> (*The Century of the Gene*, Harvard University Press, 2000) became,

329

\* Faculty of Natural Sciences, Imperial College London. E-mail: s.rose@imperial.ac.uk

<sup>1</sup> American author and feminist. She is now professor of History and Philosophy of Science, at the Massachusetts Institute of Technology. Her work has focused mainly on the history and philosophy of modern biology, and on studies related to science, technology and gender.

by the millennium, ‘the disappearing gene.’ The idea of 22 thousand genes in the human genome for 100 thousand proteins and however many trillion cells means that the DNA sequences that comprise ‘real’ genes are massively alternatively spliced, edited, recombined, fragmented and reinterpreted by cellular processes amongst which the current interest in epigenetics—the ‘marking’ of genes during development and consequent on experience—is just one, though an important part.

I say experience rather than environment because this emphasises the active role of the organism in choosing, manipulating and changing its environment as opposed to being merely a passive subject ground between the upper and lower millstones of genes and environment. (Dawkins ‘replicators’ and ‘vehicles’). Remember too that ‘environment’ is a portmanteau word that embraces everything from the cell cytoplasm to the ecosystem, and also of course, especially for humans, the sociocultural and familial environments in which we are immersed from childhood on. On ‘the environment’, too, recall the points I make in *Lifelines: Life Beyond the Gene* (Penguin Press, 1998; Oxford University Press, 2003)—that were established by Richard Lewontin<sup>2</sup> before me, about how the environment is defined by the organism—that is, which features (gravity, surface tension etc) are relevant.

So, to answer your question, for me the most important consequence of the crisis is that it has once more placed the organism rather than the gene at the centre of life. Even this will not be enough, for just as the gene is embedded/embedded in the organism, so each individual organism is embedded in a population and an ecosystem, and indeed in a temporal flow that tracks back not merely through its own past individual history but through the evolutionary web.

The issue of ‘levels’ is more problematic. Hilary Rose<sup>3</sup> rejects the concept as it implies hierarchy with the ‘lowest’ level being the most fundamental; she would prefer the concept of different discourses. On this she and I have one of our rare theoretical disagreements. I see no problem about recognising different levels of organisation of matter, from atoms to molecules to cells to organisms to ecosystems at each of which increasing levels of complexity, different and

2 A leader in the development of the mathematical bases of population genetics and the theory of evolution, and a pioneer in applying molecular biology techniques like gel electrophoresis in matters of genetic variability and evolution.

3 English sociologist, has published numerous works on sociology of science from a feminist point of view. With Steven Rose, she delivered a series of lectures on “Genetics and Society”, at Gresham College in London. One of the tangible results of this collaboration was the edition of *Alas Poor Darwin: Arguments Against Evolutionary Psychology* (published by Vintage in 2001).

irreducible organising principles appear. So, for instance—to return to a debate I once had with Max Perutz, biochemistry which involves metabolism of molecules constrained in particular spatio-temporal patterns cannot be reduced to chemistry. However, I agree with her (Hilary) that the issue of levels is confounded with that of disciplines/discourses and their separate histories, eg biochemistry/physiology.

This gives rise to questions over the epistemological/ontological status of levels. For Marxists and thinkers in the Marxist tradition—I have in mind Joseph Needham (1900-1995; english biochemist and historian of science and technology in China) here in particular—levels were clearly ontological. What I would want to insist on is the ontological unity of a material world, within which there can be and I now think (*au contraire* to my earlier views and indeed to Wilson's advocacy of consilience, which means subservience of the social to the biological) must be, epistemological diversity. To quote the English (and certainly non-Marxist) philosopher Mary Midgley (*Beast And Man: The Roots of Human Nature*, Routledge 1978) we live in one world, but a big one.

An important caveat here is that not all discourses can be redefined as about levels. I used to think that 'mind' and 'brain' were coterminous, as in my early book *The Conscious Brain* (1976). I no longer think this, and reject the reductionism of my fellow neuroscientists who argue (eg Crick, Kandel) 'you are your brain.' The concepts of personhood, of self and of mind, may be dependent on a person possessing a brain, but they are also not just irreducible, but also not even discussable in biological terms. I won't expand this here as it is outside the terms of this question, but it is one of the themes of the book Hilary and I are now working on.

As to levels of causality, it seems to me one of the prime problems in science—or, better, wissenschaft—to locate the determining level for any given question/problem. You couldn't play football if the physical properties of ball and pitch, and human physiology, were different, but you don't need to know them to discuss the rules of the game, or why Germany won the World Cup. The causes of illegal wars are not to be found in abnormal transmitter levels in politicians brains. But the proximate causes of Alzheimer's disease are the faulty biochemical mechanisms that result in plaque formation and neurofibrillary tangles. Incidentally, I dislike the evolutionary biologists' distinction—I think the term derives from Ernst Mayr, German evolutionary biologist (1904-2005)—between 'proximate'—physiological—and 'ultimate'—evolutionary—causation. Ultimate is god-like in its magisterial certainty (Aristotle) so I would say proximate and distal.

## On Extended Synthesis

Some authors, such as Massimo Pigliucci, speak of the need of an “extended or amplified synthesis” in evolutionary biology, while other researchers, like Eva Jablonka, speak of new dimensions that must be taken into account in a more integral explanation of evolution. In this discussion, themes such as the levels at which variation (phenotypic, genetic, environmental, epigenetic) occurs, the non-linear relation between DNA and peptides (measured by the alternative edition of RNA), the existence of additional levels of causality regarding micro-evolutionary forces, and other such themes have been very relevant. There appears to be a parallelism with your call to re-integrate biology. Do you believe that what is required is an expansion of evolutionary biology's research program, or a conceptual revolution that involves other ways of understanding relationships between levels of material organization? How can we transcend the barriers implied by philosophical and ontological reductionism in biological explanation?

I've really addressed most of these questions in my first answer. I'm not as you know an evolutionary biologist, but from where I stand, the obsession of the ultra-Darwinists with natural selection as the only mechanism of evolutionary change, and the gene as the single ‘unit of selection’, seems manifestly wrong. Not, I insist, for the reasons that Fodor (American philosopher and psycholinguist) adduces in his recent book (*What Darwin Got Wrong*, Jerry Fodor and Massimo Piattelli-Palmarini, Farrar, Straus and Giroux, New York. See the exchanges of correspondence on this in the *London Review of Books* vol. 32 n° 13, July 2010, for instance). I agree with Darwin who insisted on pluralism, that natural selection (NS) was a principal but not the only mechanism of evolutionary change. (it wasn't NS that wiped out the dinosaurs). And it seems self evident to me, first, that NS acts on a life cycle—not simply the adult organism—and that there are multiple levels on which NS can act: gene, genome, organism, population, species and ecosystem. Also that not all evolution requires changes at the gene level—there is well established evidence for dauer phenomena, that is transgenerational transmission without gene change (eg via epigenetic marking) and Jablonka's argument for behavioural level evolution. And there are other processes in play including of course sexual selection, drift, etc. Dover would include what he calls molecular drive, but I've never really understood what this entails. Waddington's view was that such changes could ultimately be fixed—confirmed as it were—by gene changes that catch up with the phenotype. These are rich areas for current and future research. But as I've said, I'm a neuroscientist, and we have problems of our own to resolve.

## On Laws of Form or Historicity in Biology

In your book *Lifelines: Life Beyond the Gene*, you state that a defense must be made of the historical character of the processes studied by biology. We would like you to expand on this explanation. Why should we defend history as part of biology at a time when theoretical developments from physics to complex systems can apparently explain the diversity of living forms on the planet, at least this is what some discourses maintain. In this notion of history as a key aspect of evolution, what roles do contingency and chance play? How does this enrich our integrated view of biology?

There may be something of a confusion here. The term history—and it's probably my fault—confounds two different processes. On the one hand, I am saying that living systems exist in time as well as space—hence the need for a life cycle/lifeline perspective—their own life cycle and that of the evolutionary history that has produced it.

On the other, I am arguing that the science we practice, the tools, concepts, rules of procedure and experimental design, the metatheoretical framework we bring to our work, cannot be understood without embedding it in the history of our discipline, which is itself embedded in the cultural history of our own society; that is, for western science, an inherently reductionist global capitalism.

On the heuristic power of a dialectical perspective, in the same book you posit the relevance of two, perhaps ontological, categories: "life trajectory" and "homeodynamics". From our perspective, these two categories allow for a better understanding of the dialectical interaction between organism and environment as part of a process. How, in your view, does a dialectical approach contribute to the study of evolution, moving us, so to speak, towards an historical or phylogenetic field? Why does a dialectical point of view help us better understand change in an evolutionary relevant or profound temporal dimension?

I don't want to return to Engels *Dialectics of Nature*—fascinating as a historical document that the book is—nor to the sterilities of Stalinist Diamat and the attempts by writers like Prenant—although Haldane's introduction to the English translation of Engels is more modest it is still unduly subservient to the master—to shoehorn the biology of the 1930s into such orthodoxies. Nor do I want to get involved in debates about the multiple meanings and uses of the word dialectics. I am sure that Dick Levins in his responses to your questions will be much clearer than me (see *INTERdisciplina*, p. 205). What I do think important for biologists is:

First, to be aware of the perils of reductionism and the inappropriate attribution of causation that mechanical materialism insists on and a dialectical materialism can avoid; hence, an emphasis on levels.

Second, to strive to choose the right level of biological organisation at which to study the question at issue (this is nicely illustrated by the current dispute in the European Union's billion euro Human Brain Project where there is a bitter fight between those who want to model the brain in silicon from the bottom up—ie at the molecular level—and those who want to start at the top with cognition).

Third, to focus on the dynamic properties of living systems rather than their static appearance at any moment; hence, homeodynamics and lifelines; stasis is death.

Fourth, to move away from an emphasis on objects—things—and towards process, the continuous changes that go with the paradox that all living organisms are at the same time *being* one thing and becoming another; hence, auto-poiesis.

Fifth, to recognise the historicity of our research in the double sense I described above.

Sixth, to recognise that every experiment is an abstraction from the complexity of the world. We have to reduce variables, control 'external' conditions and create an artificial world within which we can draw reasonably certain conclusions, albeit conclusions shaped by the artificiality of what we can measure, including our technology and instrumentation, and, for living systems as studied by physiologists, biochemists etc, the constraint of isolating or constricting the organism from its environment/social interactions. Most of the time, when the conclusions from our artificial world are placed back into the complexity of the real world, they often fail or mislead.

## On Sociology of Science

*Regarding the work you coordinated during the seventies, such as The Radicalization of Science or The Political Economy of Science, which had a more sociological approach to science, which elements of these analyses are still worth preserving and which have become outdated, given the geopolitical transformations of the last four decades?*

Hilary is the sociologist of the pair of us, and it would be better to address this question to her. However, you can see some of the elements of our answer in the analysis of the life sciences within and as part of the political economy of a global, footloose, neoliberal capitalism in our recent book: *Genes, Cells and Brains: the Promethean Promises of the New Biology* (Hilary Rose and Steve Rose, Verso, 2013). Briefly, the earlier books were written at a time of optimism; since then things have only got worse.

## On Neurosciences

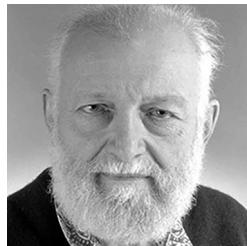
*In reference to your neuro-scientific work and your reflections concerning the origins of human consciousness, do you consider that the dialectical method used by Hegel and Marx (making allowances for the differences between these two authors) is still relevant in explaining the development of human consciousness and self-consciousness? With what evolutionary biological perspective do you think is it compatible?*

I don't really want to discuss Hegel and or Marx on consciousness. For one thing, I am not really qualified to do so. For another, consciousness is a word with many meanings and uses. (Freudian unconscious, class consciousness, feminist consciousness, philosophical debate about first person/third person perspectives, dualism, qualia, etcetera). So let me reply from within the materialist perspective of the life sciences in general and neuroscience in particular. I don't take the reductionist position of my early book *The Conscious Brain* (1973), nor the simplistic 'you are your brain' of many neuroscientists. I mentioned above who would define consciousness as merely awareness—of being awake and not asleep. I would want to insist that consciousness is an evolved property and as such is not epiphenomenal but has survival value for profoundly social organisms like humans. But also, that it is an emergent property, dependent upon and mediated by embodied brains, but not reducible to them. Consciousness in this sense occurs in the present and past remembered history of interactions between humans and their physical and above all social and cultural environments. This is a complicated set of thoughts that I can't yet formulate to my satisfaction... But I'm working on it. ■



## Approaching Science From Asymmetry, Irregularity and Subversion

An interview with Richard Levins,\* a scientist who never accepted divisions between disciplines, nor between science and other human activities, such as politics, for example.



*The work you have published over several decades, at least those published individually and with Richard Lewontin, are methodologically and conceptually built around dialectics. Could you briefly walk us through the principal characteristics of dialectic thought, as opposed to reductionist conceptions, in the study of living beings?*

The term “dialectical materialism” has acquired a bad name because of the way it was appropriated by Stalin’s group to justify decisions taken for other reasons and to wield as a weapon against opponents. However the term is accurate as a description of Marxist philosophy, and I would like to rescue it from its dungeon.

We can approach dialectics first as a polemic against both reductionism, the dominant bourgeois philosophy of science referred to in Marx’s time as mechanical materialism, and idealist holism, the leading criticism of reductionism. Reductionism postulates that the smallest parts of a system are the most “fundamental”, that if we can reduce something to its smallest parts we have understood it in principle, that the “parts” are themselves fixed, and that they interact externally, without changing anything important about them, to give “wholes” as a result. It is important to stress that reductionism is not the same as reduction a legitimate research tactic for approaching what something is made of.

The British communist J.B.S. Haldane in *Marxist Philosophy and the Sciences* (New York, Random House 1930) warned of the difficulties in applying Marxism to contemporary science:

*I have tried to apply Marxism to the scientific problems of my own day as Engels did over many years and Lenin in 1908. I do not doubt that I have made mistakes. A Marxist must not be too afraid of making mistakes.*

---

\* Department of Global Health and Population, School of Public Health, Harvard. E-mail: [humaneco@hsph.harvard.edu](mailto:humaneco@hsph.harvard.edu)

*Such an attempt as mine invites one of two criticisms. If one confines oneself to well-established scientific facts, one is told that it is easy to apply Marxism after the event, and with sufficient ingenuity, one can find a quotation from Marx or Engels that is opposite to any piece of recent scientific work. If on the other hand one ventures into speculation, one is certain to be wrong on points of detail, if not on more fundamental matters. Nevertheless, I think it is worthwhile to demonstrate the kind of speculations into which Marxism leads a scientist.* (Haldane 1930: vii-viii).

Or if we attempt to formulate it as “laws”, it comes across rigid and dogmatic. I prefer to consider dialectical principles as warnings about the common types of errors in interpreting the world.

Hegel’s principle that the truth is in the whole becomes the warning: things are bigger than we imagine; there is always more out there; a problem must be posed big enough to fit a solution or else we arrive at the trivial answer that the phenomenon is caused by several external factors to which we assign statistical weights, but not dealing with where the external comes from.

Things are connected. This is different from the spiritual tradition’s assertion that “we are all one”. We are not all one. Things are differentiated; all things are heterogeneous internally, so look at the internal dynamics as well as external “factors”. If they really interact with our objects of primary interest, then they should be included in a larger whole.

The primacy of process over things: “things are moments in the life of processes, snap photos when a temporary balance of opposing processes allows for some transient stability that warrants a name. Further, not only is nothing permanent but it is even different where it is assigned the same name. Sometimes these differences are crucial, sometimes trivial. For instance “the market” is not the same when campesinos bring their maize to market as when Monsanto, Cargill, ADM and a few others control the international markets they operate in. Nor are elections always the same, and may be examples of capitalist democracy, or the rituals of fraud that prevents change.

Or when problems are examined only on their own level. For instance organisms, populations, ecosystems. None of these is more fundamental than any of the others. Each has its own “laws”, categories and regularities that depend on the adjacent levels that act as constraints, but having their own autonomy. Major errors are made when problems are treated only within their own levels. Thus heart disease is a phenomenon of fluid dynamics in the circulation of blood, but connected to stress, nutrition, kinds of employment, aging (contradiction).

## Complexity and Dialectics

*Which do you think are the insights and limitations of the new schools of complex thought that have emerged in the biological sciences?*

The new schools of thought that try to cope with complexity don't go all the way. They make extensive use of computation and simulation, so they come up with descriptions and predictions about the same original variables, the small parts that are allowed to affect the wholes but are not transformed by them. The interaction among levels is considered unidirectional. And they especially avoid looking at social (class) relations as affecting the individual organisms or ecosystems. Thus, functional medicine is marvelous for linking parts of physiology and even behavior, but stops at the skin. AIDS is regarded as a problem of virology and human behavior but does not consider land tenure as relevant. They are held back from a fully dialectical approach by the political economy of science, the institutional fragmentation of disciplines, and the dominant philosophy that sees reductionism as the height of objectivity. Few authors of works on complexity even acknowledge the dialectical tradition. Their principal contribution is to place complexity on the agenda of science.

339

## Classifying That Which Is in a Process of Evolution

*Could you talk to us about the concept of interpenetration, and how we can use it to understand quantitative-qualitative changes in nature?*

My starting point is that the categories that are regarded as mutually exclusive in fact interpenetrate. When we counterpose heredity and environment, physiology and psychology, biology and society, or quantity and quality we are pruning away the boundary regions of greatest potential. When we ask questions such as how does temperature affect the populations of fruitflies, we have to make further distinctions.

Since temperature dessicates flies, larger size would be adaptively advantageous. But the direct developmental effect of high temperature is to accelerate development and give us smaller flies. Another species of *Drosophila* shows neither size gradients nor acquired temperature tolerance. It is just better at avoiding the heat! So, there is a complex interaction among physiology, behavior, and natural selection that makes "temperature" per se not a good environmental concept. We have to ask, on what time scale, in relation to the spatial and temporal pattern of temperature, and more. Flies in warm, dry regions are selected for larger size and impacted by their environment directly to produce smaller size. But in hot wet climates, selection and the physiology of development push the size in the same direction. Biogeography has to link physiology with population dynamics and behavior.

When we turn to our own species, new problems arise (they always do!). Traditional zoology differentiates animals by what they eat: herbivores, carnivores, omnivores, or perhaps finer subdivisions such as detritivores, insectivores, fructivores and so on. So, what kind of vore are we? In one sense, we are omnivores, like bears and relatively few other terrestrial animals. That omnivory can explain the pH of the mouth as against the stomach. But we not only gather our food, we transform it, carrying out part of the digestive process outside the body by cooking and turning the inedible into edible. We even produce our own food for the last 10,000 years or so by agriculture. So physiologically we are omnivores but socially productivores. This greatly expands our niche, making it possible to invade habitats where otherwise we would starve.

Another catch arises: it is no longer adequate to say “we”. “We” have been divided now for several millenia into classes, and these differ in what they eat or don’t get to eat, how they see their surroundings, how they act on their surroundings affecting the habitability or not of our world, what they believe and aspire to.

*Could you explain briefly the role played by the concepts of contradiction or opposition in dialectical thought, when applied to biology?*

Objective and subjective is one of the most difficult distinctions, but it is clearly possible to study subjectivity objectively and not possible to avoid the subjectivity of our experience. Someone else’s subjectivity becomes an object of our study, while all of our senses impose a subjectivity on the objective world we encounter.

In mathematics there is a bias toward quantification and measurement. This has played an important role in the development of physical science, where fine measurement has allowed us to differentiate between opposing hypotheses. But the point of careful measurement is to make qualitative decisions that educate our intuition toward grasping the world at a glance. Sometimes simulation shows us phenomena that we have to explain, or qualitative analysis creates new objects to measure.

Perhaps the sharpest conflict between dialectical thinking and formal logic is around contradiction. Formal logic of the sort shown in Venn diagrams presents logical propositions as static sets. The inclusion of one set within another allows the inner set to imply the outer one. “Imply” is a static relation. Earlier dialecticians saw implication in a more dynamic way. In the Socratic method propositions are stated, confronted, contradicted (literally, spoken against) and discarded to move on. Formal logic removes the dynamics from contradiction except in the mathematical proof by contradiction. For dialecticians, dynamics can be restored. Contradiction becomes the opposition of processes within

systems that moves them on. It is no longer the set-theoretic static relation of “implies”; “Implies” is formally equivalent to the more dynamic “leads to”.

This poses the hypothesis: to explain something, look for the opposing processes within it.

In answer to your question, to study evolution we should ask about the organism/environment relation; the confluence or opposition of physiology, behavior, and selection that makes each aspect of an organism the environment for the other parts, directing natural selection; how communities create each others’ environments and the dynamics of their demography. And when we study the wellbeing of our species we have to look at its divisions into classes with overlapping and opposing interests.

## On Models and Realities

*In what ways can we link modelization in biology to dialectics?*

In its broadest sense, modeling is the creation of objects we study instead of the object of original interest. We want our models to capture essential qualities of the original, but be more manageable and easier to study. Thus, rats are models for people in the study of medical physiology and pathology. A wind tunnel is the model for an airplane in flight, and so on. The next steps are abstract models, usually mathematical, that are supposed to capture essential ingredients of the original. But models can also mislead. A dialectician would look at the modeling process itself and ask, what has it captured of the reality and what has it distorted? It is crucial at the start of modeling to decide what to include and what to omit. Here is where philosophy enters. Social models in the US omit classes, pathology models may omit nutrition, evolutionary models may ignore climate change, climatologists may omit how vegetation affects the insect communities, models may look at demography of species but not their genetic heterogeneity, or their genetic make up but not the age distribution although fitness is connected to age. To avoid terrible errors we should ask, what else is out there? Why were previous models set up the way they were? Why do some things seem obvious to us and others too far out to consider? We also ask mathematical questions: are observations close enough together to use continuous models or are reports such as monthly bulletins from district labs to a national center so far apart that it is better to use discontinuous difference equation models? Thus, the crucial step is to recognize that the modeler is part of the model.

There is also the question of what does a model tell us? As long as we expect the world to be orderly, we search the model for equilibria, what starting points lead to these equilibria, the number of equilibria, whether they are stable or not,

whether a trajectory fluctuates with regular periodic oscillations (in which case the period rather than the equilibrium point is the object of study). Or what if it does none of these? What if we observe irregular, non-periodic, oscillations? This was seen as frustrating, a departure from good Christian behavior, and so labeled chaos. These days, irregular oscillations may be observed by simulation and called chaotic. But chaos as an outcome of a difference or differential equation is not structureless or arbitrary. We can change the question from the period to the interval between peaks. Note that in the original gene frequency models (logistic equations) we can prove "chaos", which allows oscillations of all periods or no period. But the interval between peaks (or the semicycle, the number of consecutive steps on one side of equilibrium) is still bounded by the pre-images of the equilibrium. Categories such as the basin of attraction, semi-cycle and interval between peaks are new, more interesting objects to identify. Further, most mathematical models ask about the "eventual" behavior of an equation. But there is much less interest in the transients long before the end points are approached because initial conditions are viewed as arbitrary. The special sensitivity to change inclines dialecticians to think more about the transient behavior of systems that are buffeted about by external influences or internal dynamics, and the study of pre-images as a tool for this kind of analysis.

## Marx, Engels and Dialectics

*What is your point of view concerning the opinions elaborated by various Marxist authors who accuse Engels of using a different dialectics, at odds with Marx's, and that he even "betrayed" Marxist dialectics? Do you consider that Engels' contributions in Dialectics of Nature are valid, especially in the field of biology?*

Marx and Engels had a complex working relation. They agreed that Marx should concentrate on the core economics while Engels explored a wider variety of issues. But both of them ran their drafts of articles past the other. In particular, Engels, who was more engaged than Marx with natural science, tells us that Marx read the manuscript of *Anti-Dühring* and approved of it. They influenced each other's thinking in many ways. It was Engels' companion Mary Burns who influenced them to rethink colonialism after their initial enthusiasm for rushing the development of capitalism (she was an Irish nationalist). Furthermore, some articles signed by Marx were in fact written by Engels.

Marx never wrote an explicit exposition of dialectics, while Engels attempted to, and gave us somewhat stiff sounding "laws". They shared not only insights but also errors. For instance in his *Origin of the Family, Private Property and the State*, Engels accepted the bourgeois patriarchal assumption that men naturally have a stake in verifying paternity, a claim that modern anthropology

has been able to puncture. A careful intellectual history might show interesting facets of the interaction of the two friends and collaborators who shared a common philosophy and commitment but differed in their social origins, areas of special interest and life styles, but I see no special virtue in trying to pitch them against each other.

*Could you summarize your intellectual history and how, in the course of it, you came to Marxism?*

I think I should finish with some account of how my own work is related to Marxism. I first encountered dialectical materialism in my early teens through the work of the British Marxist scientists, Haldane, Bernal, Needham, Levy, and others. It grabbed me as exciting and esthetically pleasing. In ninth grade we were taught Mendelian genetics, but it seemed so rigid and formalistic compared with the fluidity of Lysenko's attempts to combine development with genetics and his invoking of dialectics in his vicious debates. I was an eager Lysenkoist for several years, until I finally realized that not only did he misuse a lovely, complex, dynamic philosophy to impose disastrous conclusions on science, but was also a reductionist in claiming that speciation was a problem of developmental biology while I already saw it as a population phenomenon and decided that perhaps I could contribute to science. I was still interested in the inheritance of acquired characters, but now from the viewpoint that if populations adapt to their environments, what if the next generation faces different conditions? Now my mathematical and biological interests, previously in parallel tracks, came together and I began to explore the structure of the environment, how natural conditions varied while organisms responded. Meanwhile, the best friend of my teens came on a visit from his refuge in Denmark (Bernhard Deutch, a victim of MacCarthyism) to my mountain retreat on my farm in Puerto Rico and after a night of wide ranging discussions of science and politics ended with telling me "you have to write up your ideas". So I did, and began to find my way back to science. From then on I always combined political and scientific activism. Dialectics for me was always an aesthetic as well as intellectual experience. I loved asymmetry, non-linearity, interactions among seemingly unrelated phenomena, opposing phenomena within systems, questions of the "but what if it isn't?" type. My contributions to evolutionary ecology were mostly of this kind: the interpenetration of organism and environment, of levels (local environments embedded in biogeographic regions), the structure of ecological communities. And the same way of looking at the world guided my political activity in the Puerto Rican Independence movement, Marxist education, and anti-war activism. Here I was fortunate to have the collaboration of Richard Lewontin. We had quite different techniques of choice and problems we chose

to study, but all within a common framework of philosophical and political commitment.

## To Be in History

*You refer to subjective/objective as one of the false dichotomies, but all your answers are in the objective domain. What about the subjective side of being a Marxist?*

There are two parts to my answer: ethical and aesthetic. The ethical is the imperative to act on the conclusions of an analysis about society, the recognition that as scholars we are in institutions developed to advance capitalist profit making and rule, to make people comfortable with the way things are. Therefore we have to develop a strategy of “one foot in, one foot out” with relation to our employment and profession, or as St. Paul expressed it, “*in* but not *of*” this world. But this requirement is not simply the moral obligation to act on our understanding. I have found that political activism enriches my understanding and helps to undermine the pervasive pessimism of my community. It leads to working hypotheses: that when good valid arguments lead to opposite conclusions about a problem, the problem has been badly posed (usually too narrowly or static and unhistorical); that when two movements for justice clash, they are both asking for too little (example: lumber workers fear ecologists’ protection of owl hábitat, but it is not owls that kill jobs, greed kills them both); and all theories that promote, justify, or tolerate injustice are wrong.

I have had the privilege to encounter dialectics quite young, so that it played a major part in forming my aesthetic sense. While physics was glorying in symmetry in the particle world, I felt a preference for asymmetry. I delighted in the overthrow of parity and the recognition that matter and anti-matter are not quite mirror images of each other, or wondered what math would look like if A times B is not the same as B times A (I had not yet met matrices).

Idealists have often used evidence of uncertainty and chance as refuting the rational, predictable world of reductionism (what Marx and Engels referred to as mechanical materialism). Thus quantum theory, with the uncertainty principle, was a devastating blow to mechanism, a support for the irrationality of the world following the shock of World War I when educated white men slaughtered each other before getting back to the business of dividing up the world. A book popular in my teens was *The Dice of Destiny. An Introduction to Human Heredity and Racial Variation*, Long’s College Book Co., Columbus, Ohio, 1945, which made the irrelevant argument that a large number of diverse molecules mixed in a bowl would not produce a “man”. Marxism was caricatured as reductionist, with communists supposedly looking at love as chemistry (the movie *Ninotchka*

tells of a Soviet bureaucrat woman being saved from her rigidity by finding true love with a Westerner).

Gödel's theorem hit my teenage leftist circles as a sharp divider. Generally, my social democratic friends saw it as disaster, destroying the expectation of science eventually reaching truth. But the Marxists in the group were delighted. We saw it as showing the pervasiveness of contradiction even within the most abstract logical structures and a vindication of science as being an unending search. None of us really understood Gödel but were guided by our different aesthetics.

The irruption of mathematical chaos was another such episode. Once again, liberal socialists saw it as refuting the arrogant certainty of predicting the future that they ascribed to Marxists. But we felt it as almost orgasmic, the affirmation that if not all processes eventually reach equilibrium or periodic oscillation, then a whole new world of things to explore opened up for us. My own mathematical work then shifted toward exploring the transients of processes along the way to "eventual".

Dialectics also made process rather than stability the most beautiful things to look at. I never had interest in an eternal after life, and could not feel with the poets for whom images of undying love were immovable mountains and eternal seas. My aesthetic thrilled to the workings of erosion and earth crust movements, the moments of political awakening, extinctions and emergence. Emergence in this aesthetic filled my sleepless nights and directed my research and my politics, always seeing the priority of the long view and fueling my doubts that victory was imminent. Coming from five generations of subversives, I never expected the quick fix or imposed utopian expectations on victories. Our task is replacing a 40,000 generation detour through destructive class societies that leaves open the question, are we a successional species preparing the way for our own replacement? Rather, I see a long, often disappointing and frustrating struggle that has given me a life that is intellectually challenging, aesthetically energizing, ethically in struggles consistent with my deepest values and aiming toward a society playing a supportive role in our ecosystem, where it makes sense to be kind, and bringing me together with people I love. ■



## **CONTENIDO**

### **PRESENTACIÓN**

### **EDITORIAL**

*La teoría de la evolución como revolución conceptual del mundo*

**Julio Muñoz Rubio y Diego Méndez Granados**

### **DOSSIER**

*Esquemas de causación lineales en biología postgenómica: la subliminal y conveniente suposición del mapeo uno a uno entre genotipo y fenotipo*

**José Dávila-Velderrain y Elena Álvarez-Buylla Roces**

*Dos legados de Lamarck: una perspectiva del siglo XXI sobre el uso/desuso y la herencia de caracteres adquiridos*

**Ehud Lamm y Eva Jablonka**

*De la evolución al valor de uso, ida y vuelta: exploraciones en la domesticación y diversificación de plantas*

**Lev Jardón Barbolla**

*La construcción de nichos y el estudio de los cambios de cultura en antropología: desafíos y perspectivas*

**Emily A. Schultz**

*Emociones políticas y constructivismo social evolutivo. El asco como sustento de la homofobia*

**Fabrizio Guerrero McManus**

### **LECTURAS RECOMENDADAS**

### **VOCES CARDINALES**

*Sobre la crisis del concepto de gen y los niveles de organización de la materia*

**Steven Rose**

*Acercamiento a la ciencia desde la asimetría, la irregularidad y la subversión*

**Richard Levins**

### **RESEÑAS**

*The Evolved Apprentice: How Evolution Made Humans Unique*

**Ivonne Kuri**

### **RESONANCIAS**

*Espacio Interdisciplinario: convergencia entre integralidad e interdisciplina*

**Claudio Martínez, Bianca Vianni, Paula Cruz y Lorena Repetto**

*El ensayo, espacio idóneo para la expresión interdisciplinaria. Dos ejemplos de la ensayística mexicana: Octavio Paz y Alfonso Reyes*

**María de Lourdes Pastor Pérez**

### **COLABORAN EN ESTE NÚMERO**