

# Propiedades de la función de costo epistémico-evolutiva

## Algunas lecciones de la inteligencia de la vida

$$p=\mathfrak{b}$$

Laboratorios de Métodos Bayesianos

### Resumen

Durante mucho tiempo se creyó que la evolución de la cooperación estaba condicionada por un dilema. Sin embargo, los procesos evolutivos de selección de las formas de vida, por secuencia de tasas de supervivencia y reproducción, son como los procesos de selección de las hipótesis en la teoría de la probabilidad, por secuencias de predicciones, de naturaleza multiplicativa. Debido a que en ellos los impactos de las pérdidas son más fuertes que los de las ganancias (un cero en la secuencia produce una extinción irreversible), las variantes que florecen son hipótesis o formas de vida que reducen las fluctuaciones por diversificación individual (*propiedad epistémica*), por cooperación (*propiedad evolutiva*), por especialización cooperativa (*propiedad de especiación*), y por heterogeneidad cooperativa (*propiedad ecológica*). No existe tal dilema debido a que en los procesos de selección multiplicativos, los individuos desertores aumentan las fluctuaciones de los cooperadores de quienes dependen, aumentando por lo tanto sus propias fluctuaciones y afectando negativamente su propia tasa de crecimiento de largo plazo (*propiedad mayor*). Si bien ciertas coyunturas pueden favorecer a la desertión en el corto plazo (*propiedad menor*), la emergencia de unidades cooperativas de nivel superior es un fenómeno permanente en la historia de la vida (transiciones evolutivas mayores). La evidencia es nuestra propia vida, que depende de al menos cuatro de estos niveles para sobrevivir: la célula con la mitocondria, el organismo multicelular, el sistema social y la comunidad ecológica. Además, en probabilidad ocurre algo similar: conjunto de hipótesis individuales forman variables, relaciones entre variables forman modelos causales y varios modelos forman teorías. En la historia del ser humano, la transición cultural tuvo efectos positivos evidentes: antes de la cooperación epistémica (transmisión del conocimiento) estuvimos en grave peligro de extinción; luego fuimos capaces de ocupar todos los nichos ecológicos de la tierra como ningún otro vertebrado terrestre. En la historia reciente, ciertas coyunturas produjeron la emergencia del colonialismo, una era de genocidios y masiva pérdida de diversidad cultural. A pesar de todos los avances, la ciencia metropolitana no fue capaz de compensar la pérdida de los conocimientos milenarios, y la crisis ecológica actual no deja de profundizarse. A largo plazo solo sobreviven las variantes capaces de reducir las fluctuaciones por diversificación individual y por especialización heterogénea cooperativa.

La ciencia es una institución humana que tiene pretensión de verdad: de alcanzar acuerdos intersubjetivos con validez intercultural, universal. Las ciencias formales (matemática, lógica) alcanzan estos acuerdos derivando teoremas dentro de sistemas axiomáticos cerrados. Sin embargo, las ciencias empíricas (desde la física hasta las ciencias sociales) deben validar sus proposiciones en sistemas abiertos que contienen siempre algún grado de incertidumbre. ¿Es posible entonces alcanzar acuerdos intersubjetivos (“verdades”) en las ciencias empíricas si es inevitable decir “no sé”? Sí. En pocas palabras, podemos evitar mentir: no decir más de lo que se sabe, incorporando al mismo tiempo toda la información disponible.

Por ejemplo, supongamos que sabemos que hay un regalo escondido detrás de una caja entre tres. ¿Dónde está el regalo? Si elegimos alguna de las cajas estaríamos afirmando más de lo que sabemos, porque no tenemos información que nos haga preferir ninguna de ellas. En este caso, vamos a estar de



Figura 1. Dos distribución de creencias. Maximizar incertidumbre permite alcanzar un primer acuerdo intersubjetivo.

acuerdo en la necesidad de dividir la creencia en partes iguales. Maximizando la incertidumbre evitamos

decir más de lo que sabemos, permitiéndonos alcanzar un primer acuerdo intersubjetivo en contextos de incertidumbre! Bien. ¿Pero ahora, cómo preservamos el acuerdo intersubjetivo en casos más complejos, cuando recibimos nueva información?

La lógica de la incertidumbre (teoría de la probabilidad) ha sido derivada repetidas veces a partir de diversos principios (axiomas), llegando siempre a las mismas dos simples reglas. La *regla de la suma* garantiza no perder creencia cuando la distribuimos entre hipótesis mutuamente contradictorias: al sumar cuánto le hemos asignado a cada hipótesis, recuperamos el 100 % inicial. Y la *regla del producto* (o condicional), garantiza la coherencia de las creencias con la información disponible: preservamos la creencia previa que sigue siendo compatible con los nuevos datos (y la creencia que sobrevive la consideramos nuestro nuevo 100 %).

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Regla de la suma:} & & \text{Regla del producto:} \\
 P(A) + P(\text{no } A) = 1 & , & \underbrace{P(\text{Hipótesis}|\text{Dato})}_{\substack{\text{Creencia condicional} \\ \text{Nueva creencia}}} = \underbrace{P(\text{Hipótesis}, \text{Dato})}_{\substack{\text{Creencia previa conjunta} \\ \text{compatible con el dato}}} / \underbrace{P(\text{Dato})}_{\substack{\text{Predicción del dato} \\ \text{creencia compatible total}}}
 \end{array}$$

Estas son las reglas de la probabilidad para actualizar las creencias en contextos de incertidumbre, no hay más. Por ejemplo, supongamos que ahora nos dejan elegir una de las cajas y luego alguien nos da una pista, abriendo una caja distinta a la que elegimos en la que no está el regalo (figura 2). Con esta información previa podemos definir un modelo causal sobre la pista (figura 2a). Antes de actualizar la creencia sobre la posición del regalo con la información de la pista, necesitamos la creencia inicial que surge de maximizar la incertidumbre, dividiendo la creencia en partes iguales por los caminos alternativos del modelo causal (figura 2b). Y finalmente, la nueva creencia surge de preservar la creencia inicial que sigue siendo compatible con el dato (figura 2c).

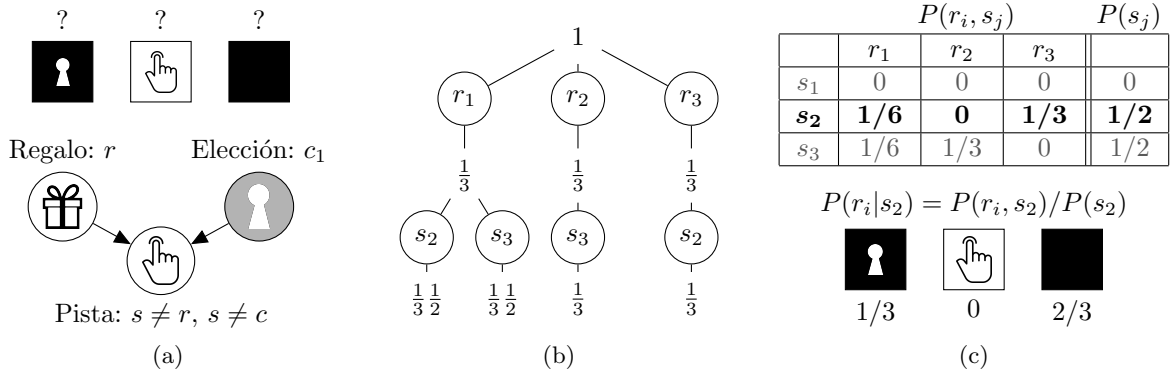


Figura 2. Acuerdo intersubjetivo dada toda la información disponible (modelo causal y datos). (a) Modelo causal en el cual la pista  $s$  no puede señalar la caja elegida  $c$  (con la cerradura) ni la caja donde se encuentra el regalo  $r$  (la hipótesis oculta):  $s \neq c$  y  $s \neq r$ . (b) Antes de ver la pista, buscamos la creencia que maximiza la incertidumbre dado el modelo causal (dividiendo la creencia en partes iguales en cada bifurcación de los universos paralelos). (c) La nueva creencia no es más que la creencia inicial (tabla) que sigue siendo compatible con el dato  $s_2$ , expresada como 100 %

A diferencia de los enfoques ad-hoc que seleccionan una única hipótesis (e.g. por máxima verosimilitud), la aplicación estricta de las reglas de la probabilidad (enfoque bayesiano), considerando al mismo tiempo hipótesis mutuamente contradictorias (A y no A), permite que sea la sorpresa, única fuente de información, el filtro de las creencias previas. En general, si tenemos Datos = {dato<sub>1</sub>, dato<sub>2</sub>, ... },

$$\underbrace{P(\text{Hipótesis}, \text{Datos})}_{\substack{\text{Creencia compatible} \\ \text{con los datos}}} = \underbrace{P(\text{Hipótesis})}_{\substack{\text{Acuerdo intersubjetivo} \\ \text{inicial}}} \underbrace{P(\text{dato}_1|\text{Hipótesis})}_{\text{Predicción 1}} \underbrace{P(\text{dato}_2|\text{dato}_1, \text{Hipótesis})}_{\text{Predicción 2}} \dots$$

Si la predicción del dato observado es 1 (sorpresa nula), entonces preservamos toda nuestra creencia previa en esa hipótesis. Si la predicción del dato observado es 0 (sorpresa total), entonces la hipótesis se hace falsa para siempre.

El valor de la verdad no es abstracto, es pragmático. La “mentira” es un concepto intercultural y su negación “no mentir” es un principio presente en todas las sociedades del mundo no porque haya una extraña coincidencia entre los distintos criterios morales particulares, sino porque la verdad tiene un valor práctico concreto. Los procesos de selección de las hipótesis en la teoría de la probabilidad, por secuencias de predicciones, son como los procesos evolutivos de selección de las formas de vida, por secuencia de tasas de supervivencia y reproducción, de naturaleza multiplicativa. Debido a que en ellos los impactos de las pérdidas son más fuertes que los de las ganancias (por ejemplo, un único cero en la secuencia produce una extinción irreversible) existe una ventaja a favor de las variantes (hipótesis o formas de vida) que reducen las fluctuaciones.

Desde su origen, la vida adquirió una extraordinaria complejidad en términos de diversificación, cooperación, especialización y heterogeneidad. Para ver por qué, veamos qué ocurre con un proceso multiplicativo. Por ejemplo, supongamos que una casa de apuestas ofrece pagos  $Q_c > 0$  y  $Q_s > 0$  cuando una moneda sale Cara y Seca respectivamente, y que los individuos se ven obligados a apostar en cada paso temporal todos sus recursos, asignando una proporción  $b_c = b$  a Cara y  $b_s = 1 - b$  a Seca (apostar solo un parte de los recursos puede mostrarse que tiene una solución equivalente). Si nuestros recursos iniciales son  $\omega_0$ , los recursos que obtenemos con una apuestas  $b \in [0, 1]$ , después de una Cara y una Seca, se actualiza como un producto de nuestros resultados (ver ecuación 1).

$$\omega_2(b) = \underbrace{\omega_0 \overbrace{b Q_c}^{\text{Cara}}}_{\omega_1(b)} \overbrace{(1-b) Q_s}^{\text{Seca}} \quad \frac{\omega_T(b)}{\omega_T(d)} = \frac{\omega_0 (b Q_c)^{n_c} ((1-b) Q_s)^{n_s}}{\omega_0 (d Q_c)^{n_c} ((1-d) Q_s)^{n_s}} \quad (1)$$

Y si comparamos los recursos de dos apuestas diferentes  $b \neq d \in [0, 1]$  luego de obtener  $n_c$  Caras y  $n_s$  Secas, en el tiempo  $T = n_c + n_s$ , encontramos que el valor relativo de una apuesta respecto de la otra es independiente de los pagos  $Q_c$  y  $Q_s$  que ofrece la casa de apuestas! Sí, lo que estamos diciendo es que podemos decidir la apuesta sin conocer los pagos. En general, queremos la apuesta  $b$  que maximiza la tasa de crecimiento  $r(b)$ ,

$$\omega_0 r(b)^T = \omega_0 (b Q_c)^{n_c} ((1-b) Q_s)^{n_s} \quad r(b) = (b Q_c)^{n_c/T} ((1-b) Q_s)^{n_s/T} \quad \underbrace{\arg \max_b}_{\text{Apuesta óptima}} r(b) = \underbrace{n_c/T}_{\text{Frecuencia observada}} \quad (2)$$

En efecto, no importa los pagos que ofrezca la casa de apuestas, la apuesta óptima  $b^*$  es la que divide los recursos en la misma proporción que la frecuencia observada,  $b^* = n_c/T$ , la que en el largo plazo tiende a la frecuencia típica  $\lim_{T \rightarrow \infty} n_c/T = p$ . Ésta es la *propiedad epistémica* que le permite a la teoría de la probabilidad adquirir conocimiento sobre el mundo, pues al evaluar las hipótesis individuales en base al producto de las sorpresas se produce una ventaja a favor de las hipótesis que diversifican la predicción en la misma proporción que la frecuencia observada.

Del mismo modo, el proceso de selección evolutiva por secuencias de tasas de crecimiento y reproducción, produce la emergencia de formas de vida que reducen las fluctuaciones a través de la diversificación individual. Por ejemplo, supongamos que la casa de apuestas ofrece  $Q_c = 3$  por Caras y  $Q_s = 1,2$  por Secas. Si sabemos que la moneda es no sesgada lo mejor que podemos hacer a largo plazo es dividir los recursos en partes iguales,  $b = p = 0,5$ . En este caso, sin embargo, no podemos ganar este juego individualmente debido a que las ganancias de 50 % con Caras ( $1,5 = Q_c b$ ) no alcanza para compensar las caídas de 40 % que sufrimos con Secas ( $0,6 = Q_s (1 - b)$ ). Incluso con el comportamiento óptimo, individualmente las trayectorias de los recursos caen a una tasa cercana a 5 %, pues  $r(b) \approx 0,95$  (figura 5).

A pesar de que la diversificación individual no es suficiente para ganar este juego, la vida encontró estrategias para florecer en casos como estos, reduciendo aun más las fluctuaciones individuales mediante cooperación. Ésta es la *propiedad evolutiva*. En nuestro ejemplo, si en cada paso temporal los individuos redistribuyen los recursos en partes iguales antes de apostar, la tasa de crecimiento de todos los individuos se vuelve positiva.

Si bien jugando individualmente nos veíamos obligados a apostar ignorando los pagos que ofrece la casa de apuestas, una vez que emerge la cooperación deja de ser necesario reducir las fluctuaciones por diversificación individual y aparece una ventaja a favor de la especialización cooperativa, que permite sacar provecho de la mejor opción disponible, aumentando aún más la tasa de crecimiento de todos los individuos del grupo cooperativo. Ésta es la *propiedad de especiación*. En un grupo cooperativo de

	$\omega_0$	$\Delta$	$\omega_1(b)$	$\Delta$	$\omega_2(b)$
A no-coop	1	1,5	1,5	0,6	<b>0,9</b>
B no-coop	1	0,6	0,6	1,5	<b>0,9</b>
A coop	1	1,5	1,05	0,6	<b>1,1</b>
B coop	1	0,6	1,05	1,5	<b>1,1</b>

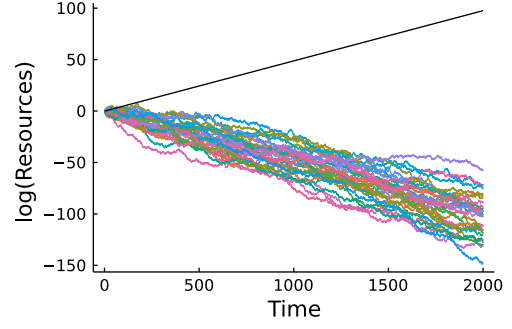


Figura 5. La cooperación le permite a los individuos alcanzar tasas de crecimiento que jamás obtendrían solos. En la tabla (izquierda)  $\Delta$  representa el cambio en los recursos que sufren los individuos de forma aleatoria, con  $b = p = 0,5$ . En la figura (derecha), las curvas de colores son las trayectoria de los recursos jugando individualmente, y la recta negra es la trayectoria de los recursos individuales jugando en grupos cooperativos grandes.

tamaño  $N$ , en el que los recursos se dividen en partes iguales, la tasa de crecimiento de los individuos pasa a ser el promedio de la recursos luego de que  $m_c$  y  $m_s$  individuos obtienen Cara y Seca respectivamente, con  $m_c + m_s = N$  (ver ecuación de la figura 6). A medida que el grupo aumenta de tamaño, la apuesta

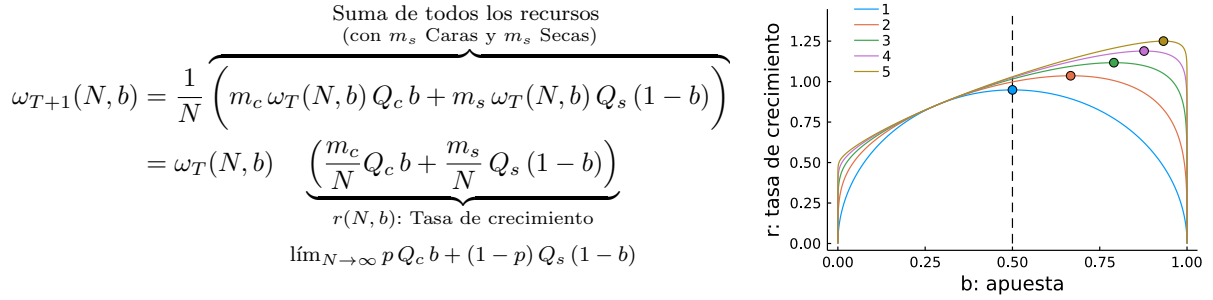


Figura 6. En la ecuación vemos la tasa de crecimiento en grupos cooperativos. En la figura vemos la tasa de crecimiento para grupos de tamaño 1 a 5 (colores), para todas las posibles apuestas (eje x). A medida que aumenta el tamaño del grupo, la apuesta óptima se va especializando hacia la opción mejor paga por la casa de apuesta. Cuando el tamaño del grupo tiende a infinito, la puesta óptima es apostar todo a la mejor opción

óptima se va “especializando” en la mejor opción disponible (figura 6).

En este caso, todos los individuos están sujetos a procesos estocásticos que, si bien son independientes, tiene para todos ellos la misma probabilidad que no cambia en el tiempo. En la naturaleza, por el contrario, estamos expuestos a variabilidades espacio-temporales, como las estaciones del año. Para dar un ejemplo, supongamos que la moneda oscila entre dos probabilidades de que salga Cara,  $p_1 = 0,2$  y  $p_2 = 0,6$ . En los pasos temporales impares, la moneda tiene probabilidad  $p_1$  en el hemisferio A y  $p_2$  en el hemisferio B. Y a la inversa en los pasos temporales pares. En casos como estos, si bien la especialización sigue siendo valiosa para los grupos cooperativos, la variabilidad del proceso produce una ventaja adicional en favor de los grupos con mayor heterogeneidad interna. Ésta es la *propiedad ecológica*. Si  $h$  es la proporción de individuos que se encuentran en el hemisferio A, la tasa de crecimiento de los individuos en una grupo cooperativo especializado grande ( $\lim_{N \rightarrow \infty} r(h)$ ) se maximiza cuando la distribución entre hemisferios es en partes iguales, con  $h = 0,5$  (figura 7).

Estas propiedades de los procesos de selección multiplicativo ha producido a lo largo de la historia de la vida una serie de transiciones evolutivas en las que entidades capaces de autorreplicación, luego de la transición, pasaran a formar parte de unidades cooperativas indisolubles. Nuestra propia vida depende de varios niveles de cooperación con especialización heterogénea, sin los cuales no somos capaces de sobrevivir: la unión de nuestras células con las mitocondrias y la emergencia de las organelas; nuestro organismo multicelular y la emergencia de los órganos; nuestra sociedad y la emergencia de los roles y

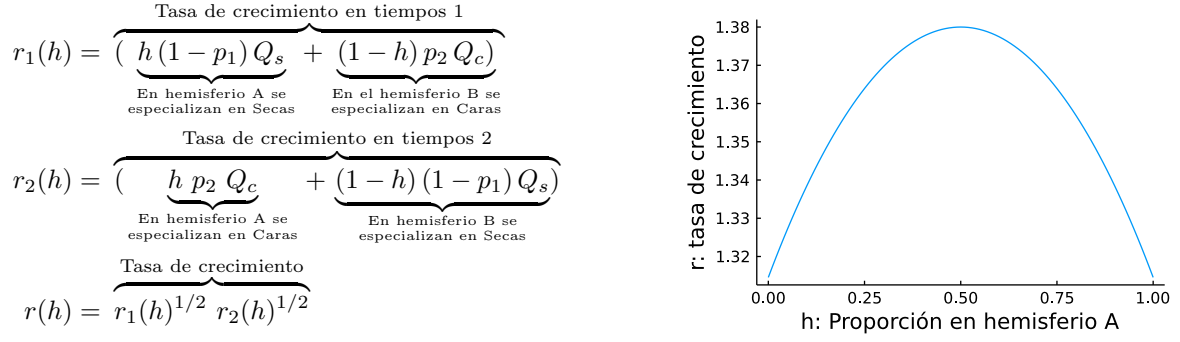


Figura 7. En la ecuación vemos la tasa de crecimiento en función de la proporción en hemisferio A,  $h$ , de un grupo grande especializado en la mejor opción, en el que los individuos aplican la apuesta óptima correspondiente a la etapa del ciclo que experimentan. En la figura vemos que la tasa de crecimiento de los individuos del grupo se maximiza cuando la heterogeneidad entre individuos es máxima.

grupos; la coexistencia entre especies y la emergencia de los ecosistemas.

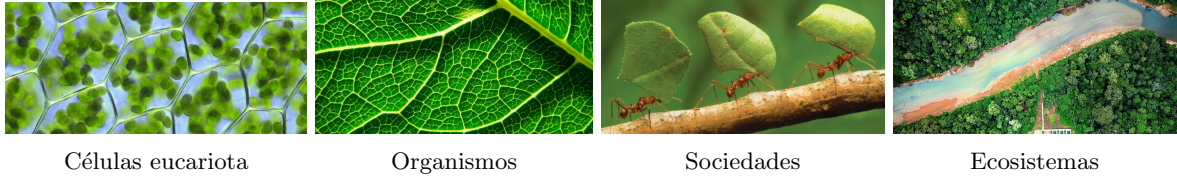


Figura 8. Transiciones evolutivas mayores. La emergencia de unidades de nivel superior en la vida.

Durante mucho tiempo se creyó que para que la cooperación evolucione debía resolverse primero lo que se conoce como “dilema del prisionero”. En él, cooperar implica un costo  $c$  para que el otro individuo reciba un beneficio de valor  $v$ , con  $v > c$ , y desertar significa negarse a cooperar y no conlleva ningún costo (ver matriz en figura 10). En nuestro ejemplo de las apuestas, habría una tentación por desertar: dejar de aportar al fondo común mientras se sigue recibiendo la cuota del fondo común. Si la evolución estuviera sujeta a un dilema del prisionero, entonces desertar en grupos enteramente cooperativos debería ofrecer al individuo una tasa de crecimiento más alta que cooperar. Sin embargo, bajo procesos de selección multiplicativa no se puede sacar provecho mediante la desertión porque, al aumentar las fluctuaciones los cooperadores de quienes se depende, aumenta también las propias fluctuaciones afectando negativamente la propia tasa de crecimiento de largo plazo. En la figura 10 mostramos la tasa de crecimiento de individuos en poblaciones cooperativas con 0, 1 y 2 desertores.

Dilema del prisionero

		Otro	
	Focal	$C$	$D$
$C$		$v - c$	$-c$
$D$		$v$	$0$

La desertión unilateral es mejor que la mutua cooperación

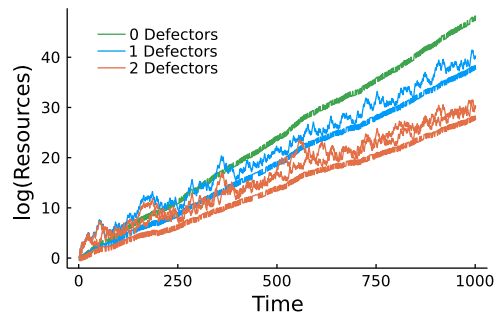


Figura 9. En la ecuación vemos la matriz de pagos del dilema del prisionero. En la figura vemos la tasa de crecimiento de los individuos dentro de grupos cooperativos (colores) con 0, 1 y 2 desertores. Las curvas con mayor variabilidad son los individuos desertores, el resto son los cooperadores. Los desertores tienen una tasa de crecimiento menor que la tenían cuando cooperaban (*propiedad mayor*), a pesar de que inicialmente pudieran obtener un beneficio (*propiedad menor*).

De forma similar, en la teoría de la probabilidad también emergen unidades cooperativas de nivel superior: las hipótesis individuales forman variables, las variables forman modelos causales y los conjuntos de modelos forman teorías. Las hipótesis de nivel superior reducen las fluctuaciones gracias a que realizan las predicciones con el aporte de todas las hipótesis de nivel inferior que la componen. Por ejemplo, las predicción de un modelo, por la regla de la suma, es el promedio ponderado de las predicciones de todas las hipótesis que la componen.

$$P(d_{n+1}|d_1 \dots d_n, \text{Modelo}) = \sum_h^{\text{Hipótesis}} P(d_{n+1}|d_1 \dots d_n, h, \text{Modelo})P(h|d_1 \dots d_n, \text{Modelo})$$

De esta forma, al realizar la predicción con la contribución de todas las hipótesis de nivel inferior, los modelos reducen las posibilidades de introducir valores extremos (un cero) en los procesos de selección multiplicativo a los que están sujetos, produciendo mejores resultados que los que se obtendrían con cualquiera de ellas individualmente.

Además, en la historia del ser humano la cooperación epistémica (transmisión de conocimiento entre individuos) permitió la emergencia de cosmovisiones, como la ciencia y la cultura, donde paradigmas altamente especializados en dominios particulares coexisten. Los efectos positivos son evidentes. Antes de la transición cultural, estábamos en grave peligro de extinción, lo que se evidencia en la baja diversidad del genoma humano, respecto incluso de los homínidos más cercanos. Pero cuando el conocimiento, que antes debía ser redescubierto individualmente, pasó a ser un recurso común transmitido de generación en generación, comenzamos a ser capaces de ocupar todos los nichos ecológicos de la tierra como ningún otro vertebrado terrestre lo había logrado antes. Organizados en pequeñas sociedades nómadas, logramos llegar caminando de África hasta sud América (flechas de la figura 10a).

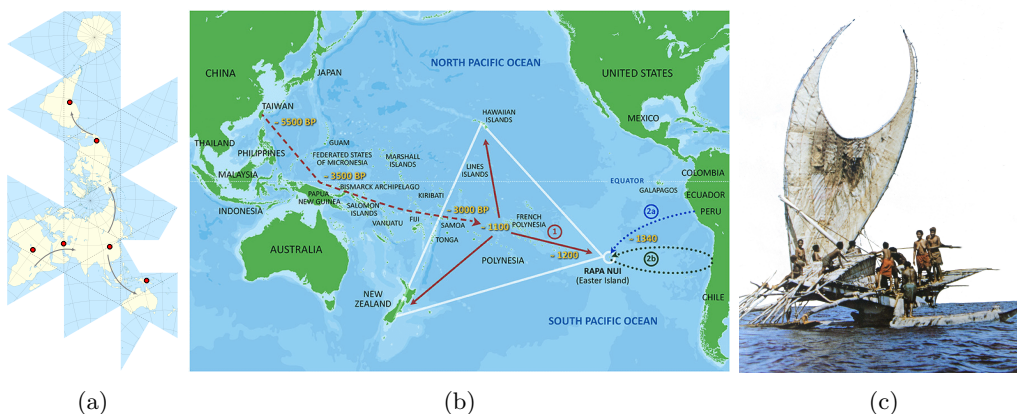


Figura 10. (a): Poblamiento del mundo (flechas) y desarrollo independiente de la agricultura (puntos) en una proyección del mapamundi que preserva los tamaños relativos de los continentes. (b): El aumento de la población hace de los centros agrícolas regiones ricas en innovaciones tecnológicas, y para el año 1300 ya se habían producido intercambios entre el Pacífico y América del sur. (c): Imagen de la extraordinaria tecnología de navegación utilizada en el Pacífico.

A su vez, la reciprocidad ecológica por interacción simbiótica prolongada con plantas y animales produjo la aparición independiente de la agricultura en África subsahariana, Oriente medio, China, Oceanía, América del Norte y América del Sur (puntos rojos de la figura 10a). Con ella se produjo un aumento de la población que intensificó los procesos de evolución cultural acumulativa, haciendo de estas regiones los principales centros tecnológicos de la humanidad.

Durante el año 1400 florecían sociedades prósperas en todo el mundo. El océano Pacífico estaba totalmente ocupado, y ya se habían producido intercambios entre Oceanía y América del Sur, que se refleja en la genética de las poblaciones actuales (figura 10b). En el jardín de la diversidad genética y cultural humana, África subsahariana, se desarrollaba entre otras, la sociedad Bantu. Pero era China el principal centro productivo y tecnológico del mundo después de 2 milenios. Para el año 1400, el mundo Árabe comerciaba sus productos desde el océano Atlántico en España, hasta el océano Pacífico en las

Filipinas. Luego de realizar las exploraciones dirigidas por Zheng He (1405-1433) alrededor del mundo, China reconoce que no hay nada interesante afuera de sus fronteras.

Al mismo tiempo, la masiva destrucción de la diversidad cultural producida previamente por el imperio Romano en su entorno, había conducido a Europa occidental, a contramano del resto del mundo, a un largo proceso de involución cultural y de violencia interna conocido como “Edad media”. La ruptura del pacto cooperativo tuvo consecuencias negativas concretas para esta sociedad. En esta etapa, se generalizó al interior de la sociedad feudal el criterio de autoridad como fundamento del “saber auténtico”. Un sistema penal desenfrenado renació de los llamados *libris terribilis* y las instituciones heredadas del imperio romano de occidente comenzaron a regular las relaciones comunitaria de reproducción sexual de forma más detallada que con la propiedad privada. La guerra contra las mujeres se formaliza definitivamente con la publicación del *Malleus maleficarum* en 1484, que será el segundo best seller después de la Biblia durante los siguientes 200 años.

Aunque exista una desventaja evolutiva de la deserción, ciertas coyunturas pueden producir su emergencia en el corto plazo (*propiedad menor*). Así es que la coincidencia de un conjunto de eventos, que se desencadenaron por la masiva migración feudal a América, puso de repente a esa sociedad, históricamente marginal, en una situación de privilegio mundial. Las enfermedades transmitidas por los exploradores feudales eliminó, al menos, 2/3 de la población americana. Sin embargo, no se produce ningún giro geopolítico hasta que los exploradores descubren la montaña de plata de Potosí en 1546, metal que China había incorporado recientemente como una de sus monedas oficiales. Gracias a ella, un cuarto de siglo después Europa occidental finalmente logra romper su aislamiento (batalla de Lepanto 1571) y dar inicio a un largo ciclo de importación de tecnología extranjera, principalmente China.

Hasta comienzos del 1800 Europa occidental seguía teniendo déficit comercial con China, que desde mediados de 1700 financiaba mediante el narcotráfico de opio a pesar de la prohibición China. Las consecuencias fueron más graves cuando, después de las independencias americanas, en 1818, los británicos comienzan a comercializar una mezcla de opio más barata y potente. El número de adictos llegó a ser lo suficientemente alarmante, y en 1839 China comete el error de declarar la guerra al Narco-Estado británico en su propio territorio. Los resultados fueron terribles: China pierde 1/5 de su población y

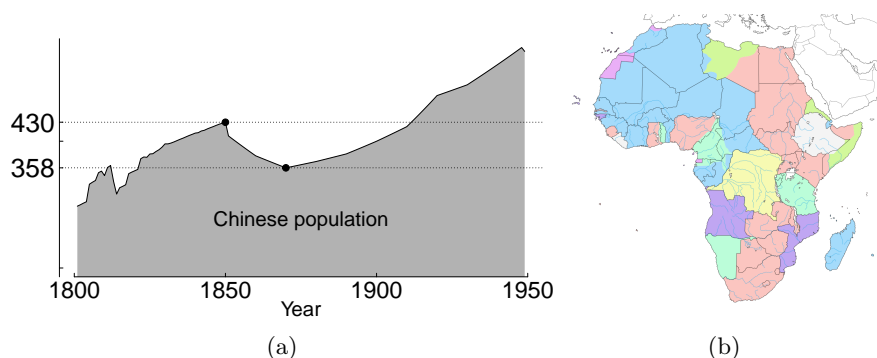


Figura 11. (a): La derrota de China contra el narco-estado británico en su propio territorio tuvo consecuencias terribles. (b): Recién a partir de 1850 comienza la colonización de África continental y los extensos territorios de América todavía autónomos.

queda sumida durante un siglo por invasiones extranjeras.

Cuando Europa occidental finalmente se establece como el centro geopolítico global, luego de la derrota China, comienza la era de genocidios y masiva pérdida de diversidad cultural global: la ocupación violenta de África continental y de los territorios de América todavía autónomos, entre los principales. El criterio de autoridad globalizado durante la colonial-modernidad como criterio de universalidad limitado a los varones blancos abrió la puerta a la arbitrariedad cultural y ecológica. En un mundo de comunidades debilitadas, se expande la cosmovisión individualista e instrumental de nuestro tiempo: la naturaleza como cosa, las personas como cosas. A pesar de todos los avances, la ciencia metropolitana no fue capaz de compensar la pérdida de conocimientos milenarios provocada por la colonial-modernidad, y como consecuencia de la masiva pérdida de la diversidad cultural global vivimos en la actualidad una grave crisis ecológica que no deja de profundizarse.

La ventaja a favor de la diversificación y la cooperación no es solo teórica, su ruptura tiene con-

secuencia para la vida y el conocimiento. Del mismo modo que seleccionar una única hipótesis tiene consecuencias negativas conocidas en probabilidad (overfitting), la imposición de un único tipo de sociedad está teniendo consecuencia ecológicas cada vez más evidentes para la vida. En definitiva, a largo plazo, solo sobreviven las variantes capaces de reducir las fluctuaciones por diversificación y cooperación.

Así es que la experiencia acumulada por las más diversas comunidades del mundo condujo, de forma independiente, a una obligación universal de dar y de recibir, y al desarrollo de tecnologías de reciprocidad que mantienen la cohesión mediante la re-activación de los vínculos comunitarios mediante ritos (festivos o coercitivos) de intercambios. El derecho a la diversidad cultural se sustenta en el hecho práctico de que el conocimiento cultural ecológicamente adaptado evoluciona sólo a través de la experiencia que acumulan los pueblos autónomos en el transcurso de su propia historia. Así como el enfoque bayesiano adapta el conocimiento creyendo al mismo tiempo en A y no A, una sociedad plurinacional se adapta a la vida a través de la convivencia recíproca entre comunidades autónomas.

 Bayes  
Plurinacional