

Unidad 1

Inteligencia artificial: *Computación Bioinspirada*

Dra. Soledad Espezua
sespezua@pucp.edu.pe



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



Contenido

- ▶ Unidad 1
 - Computación Bioinspirada
 - Conceptos de evolución
 - Computación evolutiva
- ▶ Unidad 2
 - Introducción a los Algoritmos Genéticos
 - Mecanismos de evolución
 - Algoritmos Genéticos
- ▶ Unidad 3
 - Evolución diferencial
 - Algoritmos para optimización multiobjetivo
- ▶ Unidad 4
 - Introducción
 - Definición de IC
 - Principales Algoritmos

1. Computación Evolutiva

2. Inteligencia colectiva

Introducción

- ▶ Computación Bioinspirada busca desarrollar sistemas artificiales inspirados en la naturaleza, para la solución de problemas.

Estos sistemas imitan aspectos tales como:

- Comportamiento de los seres vivos
 - ❖ Aprendizaje
 - ❖ Percepción
 - ❖ Raciocinio
 - ❖ Evolución
 - ❖ Adaptación
- Convivencia colectiva
- Aspectos biológicos:
 - ❖ Reproducción celular
 - ❖ Funcionamiento del Sistema nervioso



Computación Bioinspirada

► Áreas de investigación

- **Computación Evolutiva**

Algoritmos basados en los principios Darwinianos o Neo-darwinianos de la Evolución Natural



Computación Bioinspirada

► Áreas de investigación

- **Inteligencia Colectiva**

Algoritmos basados en la simulación del comportamiento o inteligencia colectiva de: hormigas, abejas, aves migratorias, peces, mamíferos, etc.



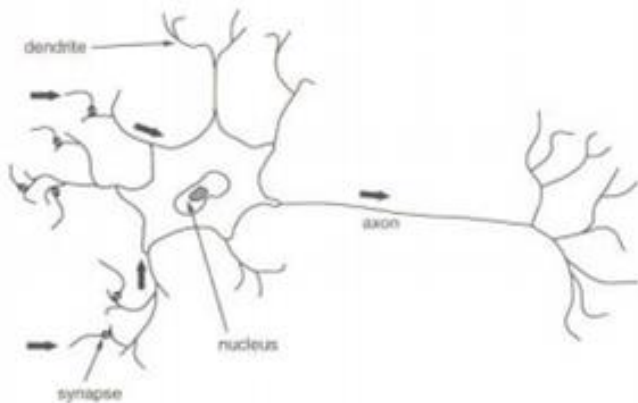
Computación Bioinspirada

▶ Áreas de investigación

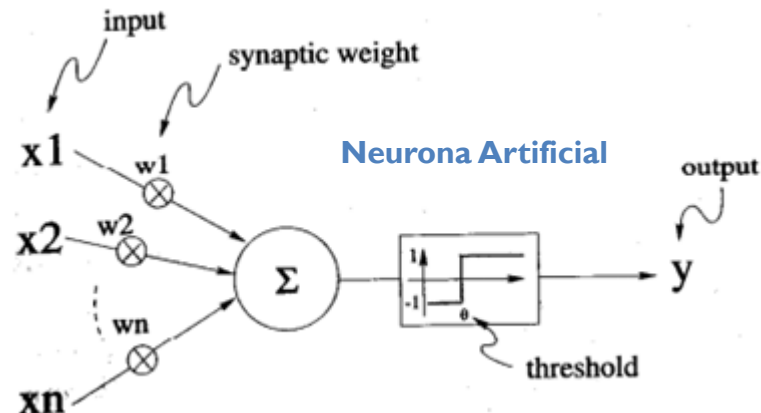
- **Neurocomputación**

Algoritmos basados en la simulación del comportamiento del Sistema Nervioso

Neurona Biológica



Redes Neuronales



Warren McCulloch y Walter Pitts (1943)

Computación Bioinspirada

► Áreas de investigación

- **ArtificialLife** Estudio/investigación de la vida en sistemas artificiales, a través de modelos de simulación.

ENFOQUES:

a) Soft



<http://www.swimbots.com>

b) Hard



Ingo Rechenberg

<https://www.youtube.com/watch?v=jGP5NxcCyjE>

<https://www.festo.com/group/en/cms/13129.htm>

c) Wet

Sync3.0 bacteria creada



Hutchison, C.A., et al (2016).
Design and synthesis of a
minimal bacterial genome.
Science, 351 (6280)

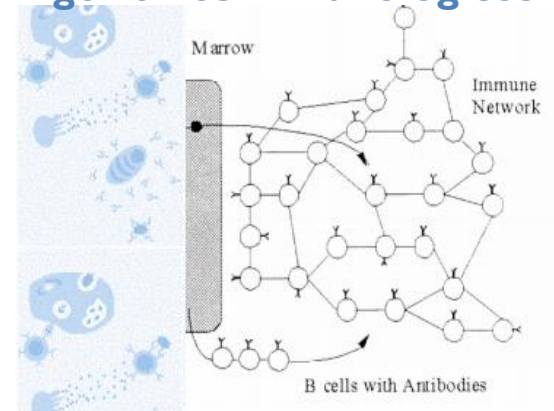
Computación Bioinspirada

► Áreas de investigación

- **Sistemas inmunológicos artificiales**

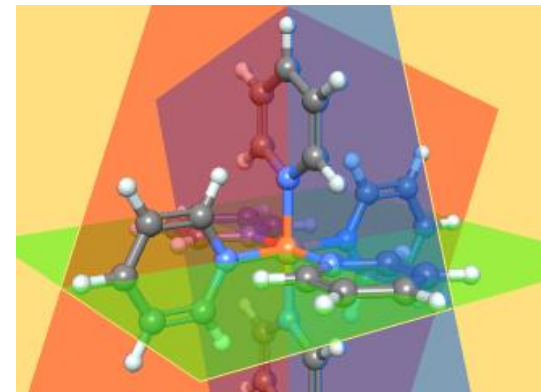
Algoritmos basados en la simulación del comportamiento inmunológico

Algoritmos Inmunológicos

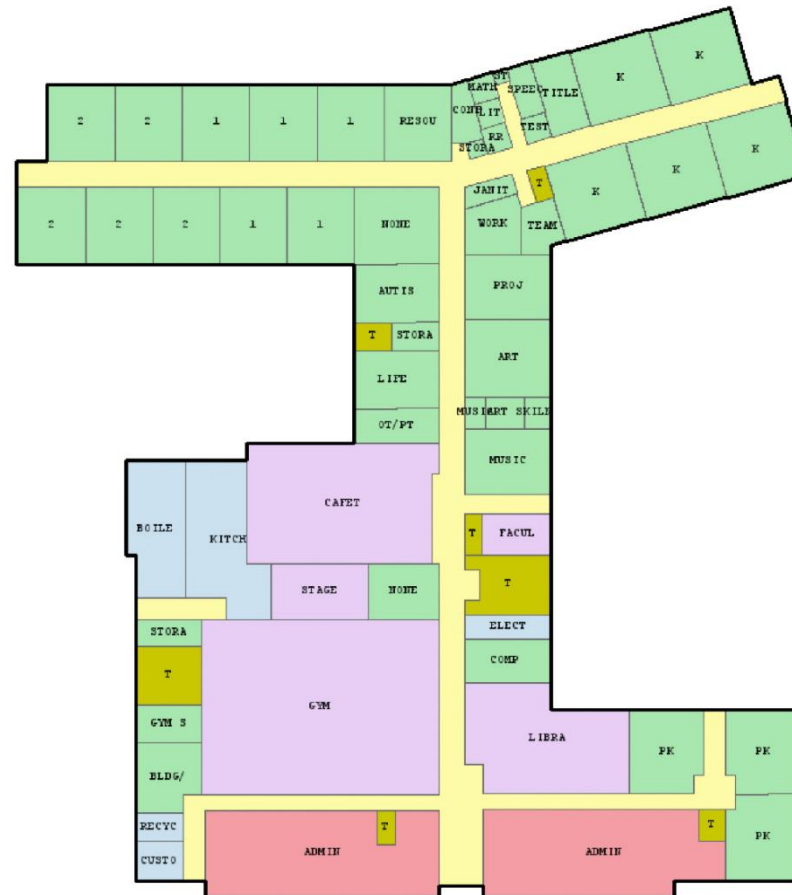


- **Computación molecular**

Basada en el uso de macromoléculas (ADN,ARN o proteínas) como unidades de procesamiento.



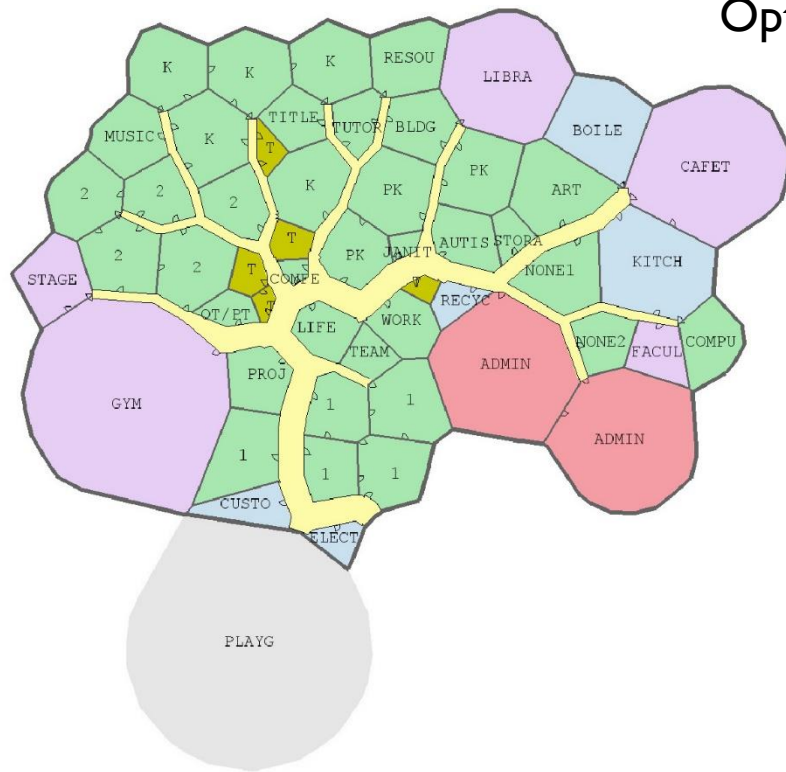
- Evolving Floorplans



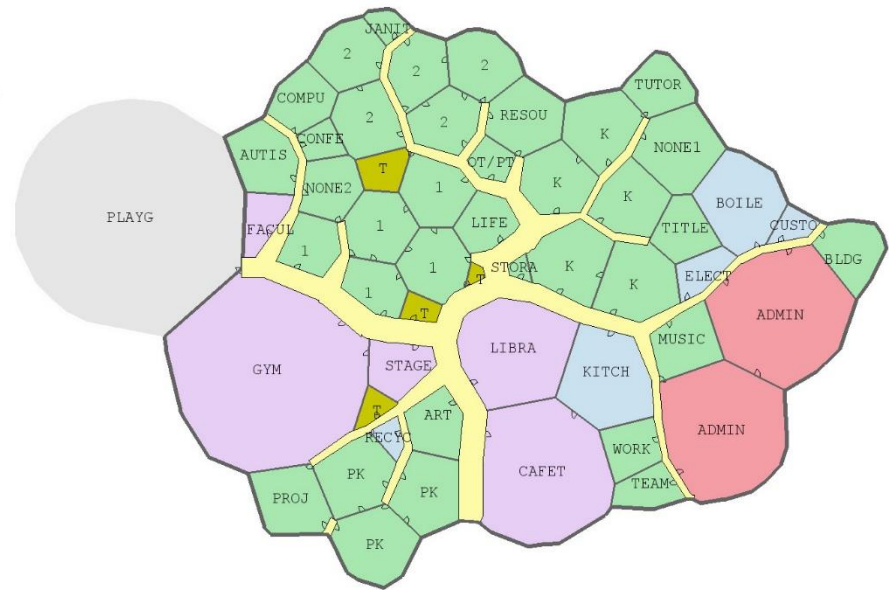
Evolving Floorplans by Joel Simon
http://www.joelsimon.net/evo_floorplans.html

Ejemplos de C. Bioinspirada

Optimized



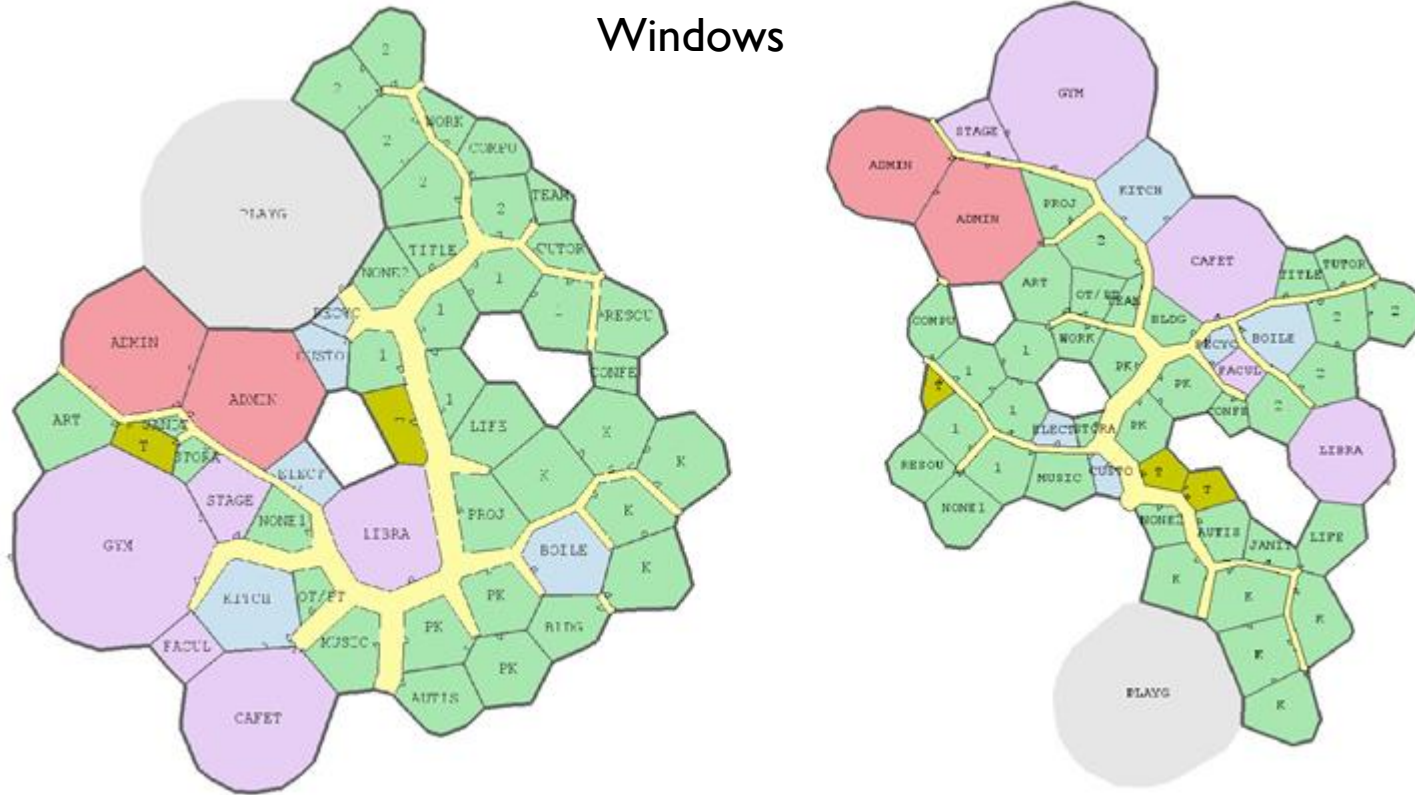
Optimización para minimizar el flujo de tráfico entre clases y el uso de materiales.



Optimización para minimizar las rutas de escape en caso de incendios.

Ejemplos de C. Bioinspirada

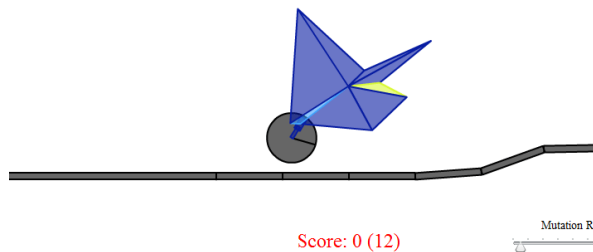
Windows



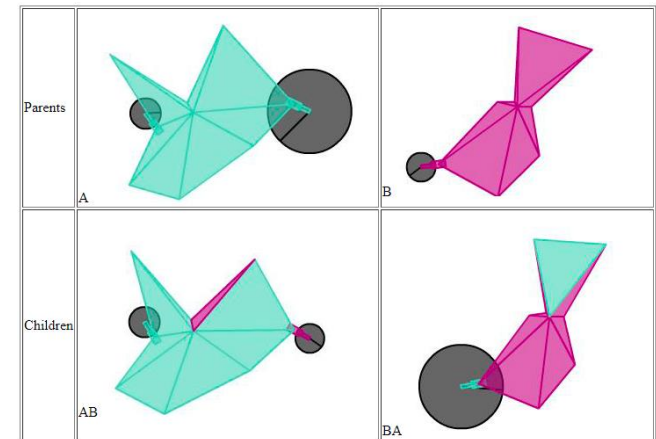
También se experimentó con las ventanas, objetivando el ingreso de luz.
Las aulas tendrían mayor prioridad que las salas de almacenamiento.
Esto condujo a crear muchos patios interiores.

Ejemplos de C. Bioinspirada

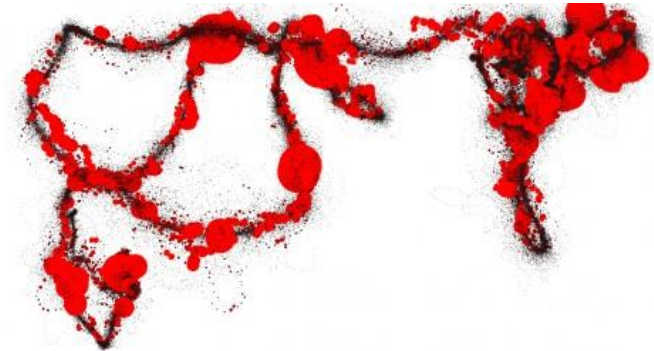
- Genetic Algorithm Car Evolution Using Box2D



<http://boxcar2d.com/version1.2.html>



- Screenshot of *Musical Flocks*



<https://cdv.dei.uc.pt/musical-flocks/>

GENETIC AND EVOLUTIONARY COMPUTATION CONFERENCE

► Los temas incluyen:

- Algoritmos genéticos,
- programación genética,
- optimización de colonias de hormigas e inteligencia de enjambres,
- sistemas complejos (vida artificial/ robótica/ hardware evolutivo)/ sistemas generativos y de desarrollo/ sistemas inmunes artificiales),
- tecnología y artes de entretenimiento digital,
- optimización combinatoria evolutiva y meta-heurísticas,
- aprendizaje automático evolutivo,
- optimización multi-objetivo evolutivo,
- optimización numérica evolutiva, aplicaciones del mundo real,
- ingeniería de software basada en búsquedas, teoría y más.



Unidad 1

Inteligencia artificial: *Computación Bioinspirada*

Dra. Soledad Espezua
sespezua@pucp.edu.pe



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



Contenido

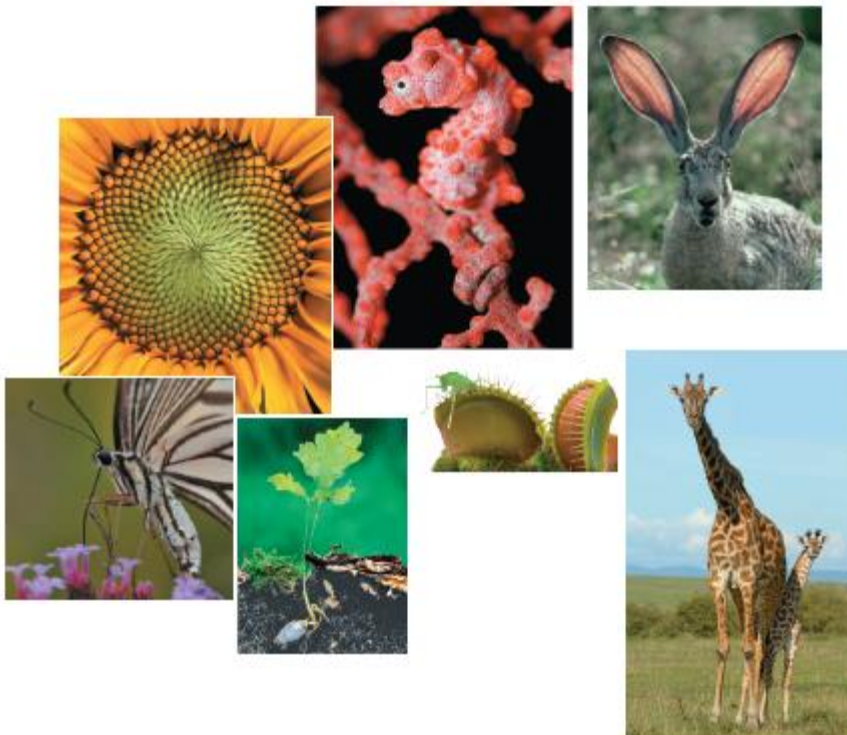
- ▶ Unidad 1
 - Computación Bioinspirada
 - Conceptos de evolución
 - Computación evolutiva
- ▶ Unidad 2
 - Introducción a los Algoritmos Genéticos
 - Algoritmos Genéticos
- ▶ Unidad 3
 - Evolución diferencial
 - Algoritmos para optimización multiobjetivo
- ▶ Unidad 4
 - Introducción
 - Definición de IC
 - Principales Algoritmos



I. Computación Evolutiva

EVOLUCIÓN: Teorías

Los principios básicos de nuestra visión actual de la evolución se basan en observaciones realizadas por *Lecrerc*, *Lamarck*, *Darwin*, *Medel* y *Weissman*.



Ilustraciones de: Campbell Biology (11th Edition).
Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman,
Peter V. Minorsky, Jane B. Reece (2017).

Leclerc

- ▶ **Leclerc** fue uno de los primeros en sugerir que las **especies cambian con el transcurso del tiempo** (Teoría del transformismo). Leclerc, especulaba sobre la posible existencia de un ancestro común entre el hombre y los simios, aunque después él mismo refuto esta hipótesis.

Leclerc (1749)



Georges Louis Leclerc (Conde de Buffon)



"Histoire naturelle, générale et particulière" - (1749)

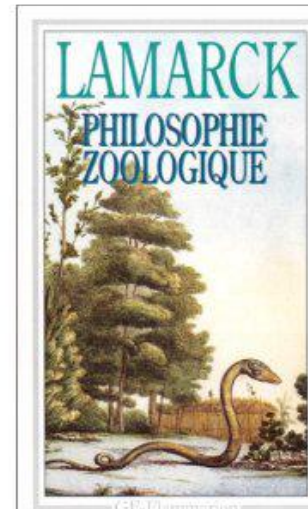
Lamarck

- El biólogo francés **Lamarck** enunció la que se considera como la primera teoría evolutiva coherente de la historia. Lamarck explicó que serían dos, las fuerzas que conformaban la evolución:
- La 1ra forzaba cambios en los animales generados por el **ambiente**, pasándolos de formas simples a otras más complejas.
 - La 2da tiene que ver con la adaptación de los animales a sus entornos locales y la divergencia entre estos.

Lamarck (1809)



Jean-Baptiste Lamarck (Caballero de Lamark)



“Philosophie Zoologique”
publicado en 1809

Lamarck

- ▶ La teoría de Lamarck, se centra únicamente en la **evolución de los organismos y no en su origen** ya que, en aquel entonces se aceptaba que los organismos surgían espontáneamente en sus formas más simples.



1. Long time ago, there were giraffes with short and long neck. The ones with short neck couldn't eat, they were really hungry.



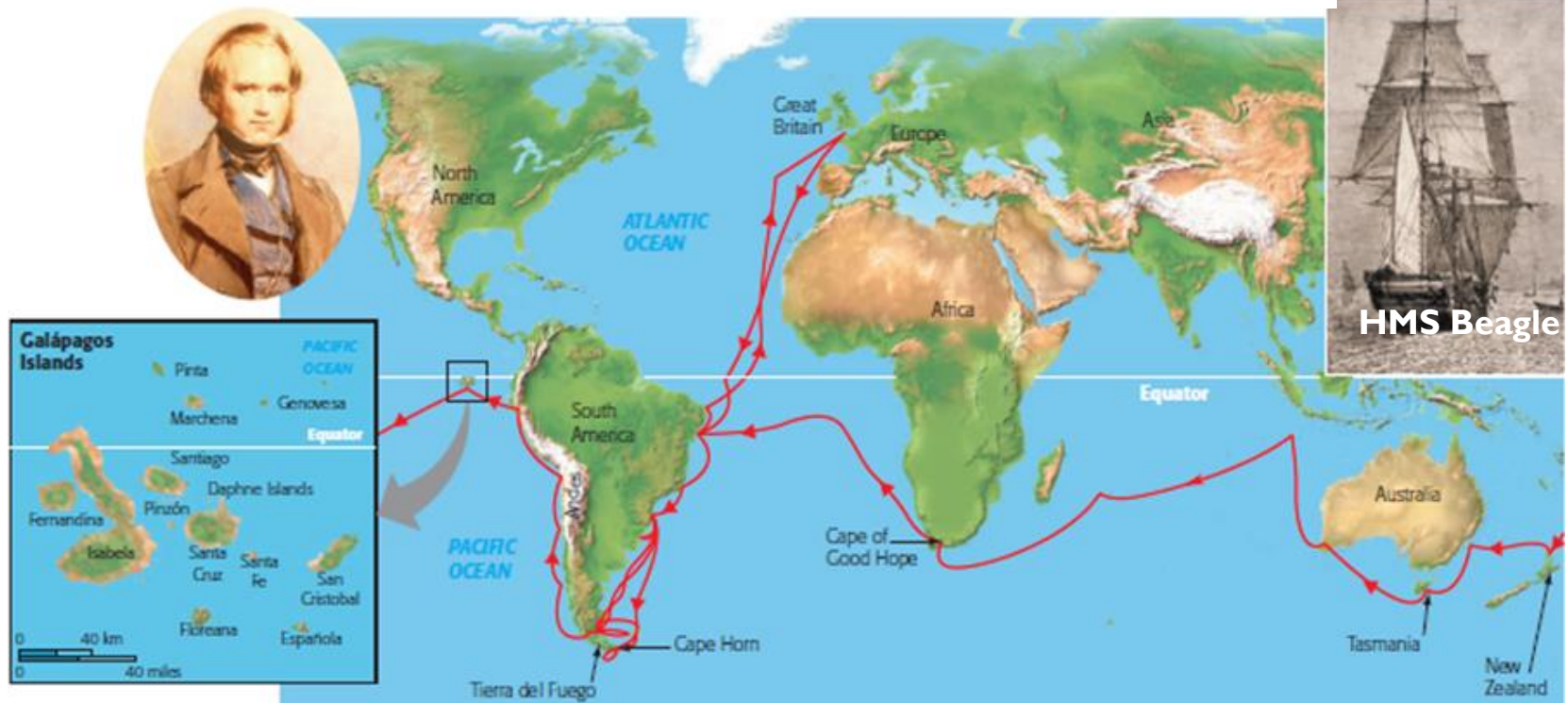
2. Only long-necked giraffes survived.

El ejemplo mas famoso de Lamarck fue el crecimiento del cuello y patas frontales de las jirafas, debido a la necesidad constante de alcanzar las hojas mas alta de los arboles.

Charles Darwin

- ▶ C. Darwin 1835, “Diario y Observaciones”.

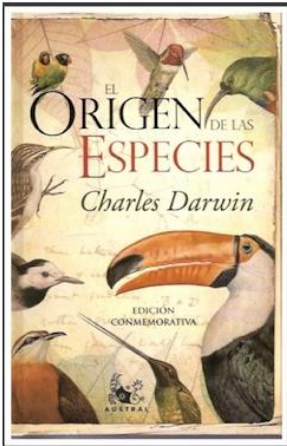
The voyage of HMS Beagle (December 1831–October 1836).



Ilustraciones de: Campbell Biology Concepts & Connections-Pearson(9naEd, 2017)

Charles Darwin

- ▶ C. Darwin 1859, “El Origen de las Especies”: La diversidad de la vida es producto de la evolución.



Selección natural

Para Darwin, la **selección natural** y **sobrevivencia** son los procesos detrás de la **evolución**, se basa en las siguientes observaciones:

- Una población de individuos existe en un ambiente con **recursos limitados**.
- La competencia por esos recursos provoca la **selección** de aquellos individuos mejor adaptados al medio ambiente.
- Estos individuos actúan como semillas para **generar nuevos individuos**.
- Los nuevos individuos **evalúan su aptitud física** y compiten (posiblemente también con los padres) para sobrevivir.
- Con el tiempo la **selección natural** **causa** un aumento en la condición física de la población.

Mendel

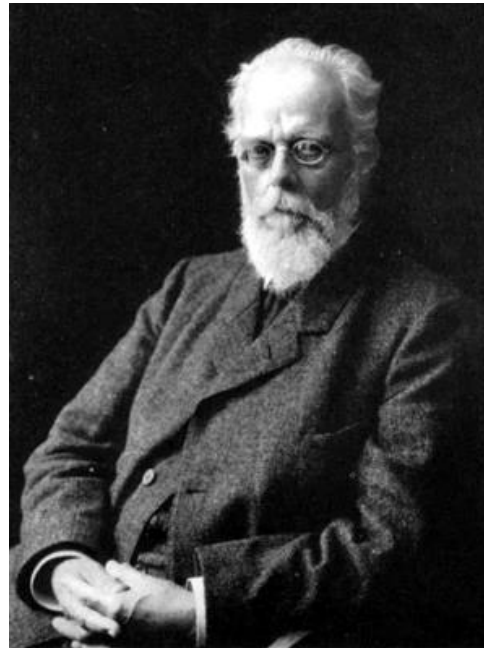
- ▶ El monje austriaco **Mendel** realizó una serie de experimentos con guisantes, enunciando luego las **leyes básicas de la herencia**.
- ▶ Los resultados de su trabajo los publicó en 1866 en un artículo titulado "*Experiments on Plant Hybridization*", pero tuvo poco impacto (sólo obtuvo 3 citas en sus primeros 35 años), hasta que fue re-descubierto a principios del siglo XX.



Johann Gregor Mendel

Weismann

- ▶ El científico alemán **Weismann** formuló la denominada **teoría del plasma germinal** en 1893. De acuerdo a esta teoría, la herencia en un organismo multicelular, se efectúa únicamente por medio de células *germinales* (la unión del espermatozoide con el ovulo).



August Weismann

Mecanismos de evolución



- Co- evolución
 - Selección
 - Mutación
 - Migración
 - Deriva genética
- Especiación

Co-evolución

Es la evolución conjunta de dos o más especies, que se influyen mutuamente.

- ❖ Co-evolución mutualista:
evolución de mutua entre especies.



Plantas co-evolucionan con polinizadores: abejas y picaflores

- ❖ Co-evolución depredador-presa:
la evolución de una especie no beneficia a otra y además, ejerce presión selectiva hasta que esa especie se adapte para contrarrestar.



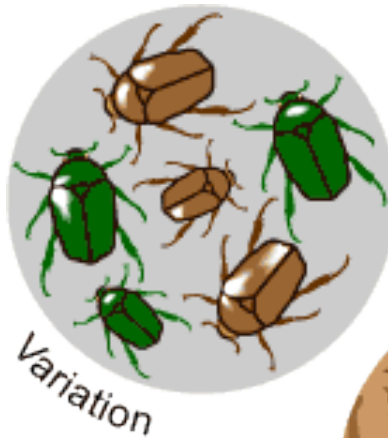
Relación depredador-presa: Gacela y Guepardo

Selección natural

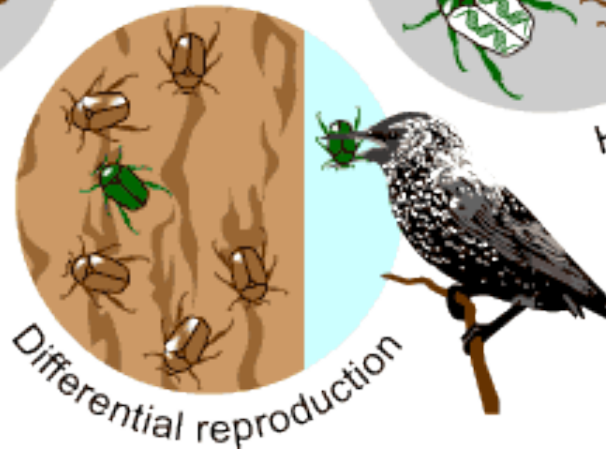
Proceso mediante el cual **algunos individuos** en una población son **seleccionados** para reproducirse, generalmente en base a su aptitud.

- Solo los mejores individuos se mantienen para generar descendencia.

Población con
características
hereditarias variadas.



Mayor frecuencia de
rasgos que aumentan
la supervivencia y el
éxito reproductivo.



Eliminación de
individuos con ciertas
características.

Reproducción de
sobrevivientes

Mutación

Variaciones aleatorias que ocurren constantemente en la secuencia de los nucleótidos del ADN de los individuos.

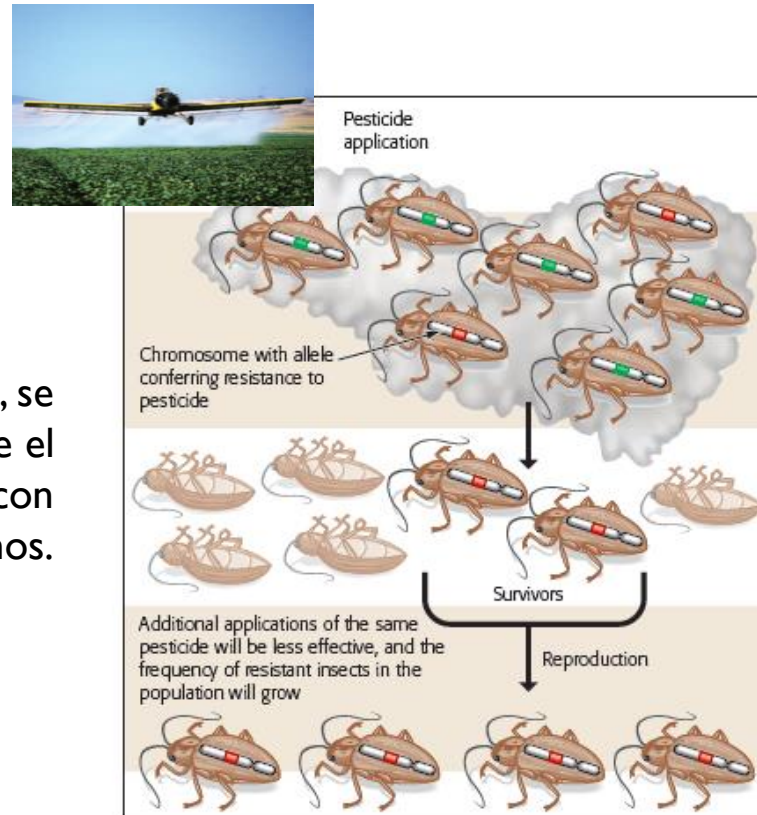
- Mutaciones debido a errores de copiado durante la división celular, donde el ADN no logra copiarse con precisión.



Mutación

- Mutación debida a influencias externas como exposición a sustancias químicas o radiación.

Al rociar cultivos con plaguicidas, se ha favorecido involuntariamente el éxito reproductivo de insectos con resistencia a venenos.



Mutaciones en poblaciones de insectos favorecen la resistencia a plaguicidas.

Migración

Se le conoce también como “**flujo de genes**”, es un proceso mediante el cual la población de una determinada especie da lugar a otra u otras especies por **transferencia de genes**.

- Cuando una subpoblación de una cierta especie se separa geográficamente de la población principal durante un tiempo suficientemente largo, sus genes divergirán.

Efecto fundador: causado por el aislamiento geográfico.



- ▶ Ej. Pico de los Tentillones de Galápagos



Dieta de cactus



Dieta de insectos

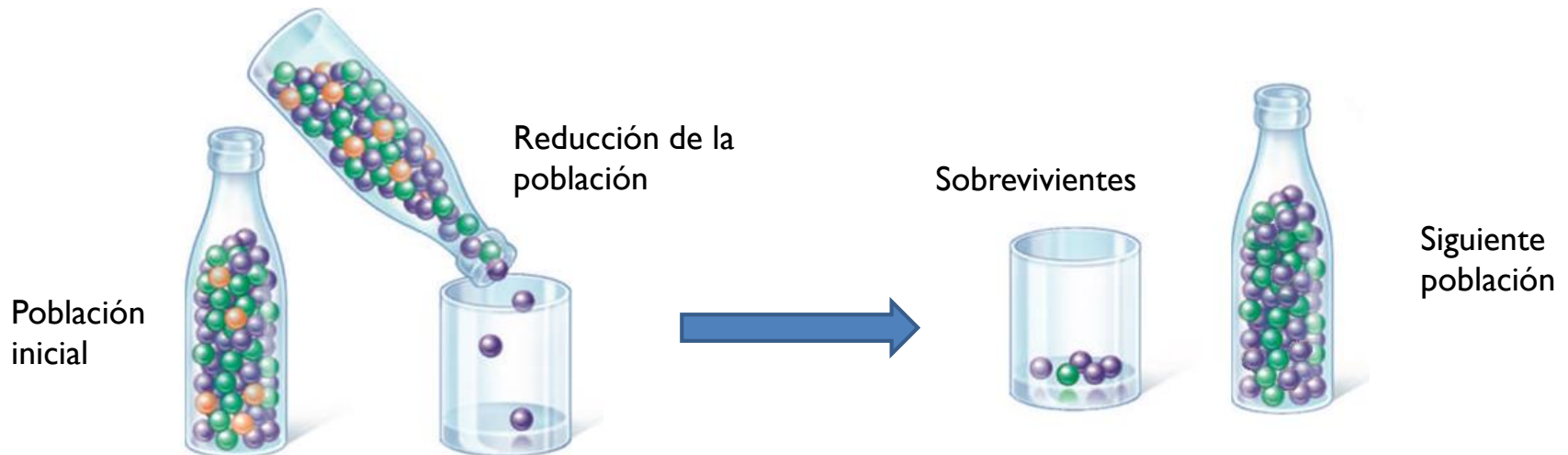


Dieta de semillas

Deriva genética

Es la **reducción de la variabilidad genética**, que significa el fin de la diversidad en los cromosomas y puede llevar a la completa extinción de una especie.

Efecto cuello de botella: ciertos alelos pueden estar representados en exceso entre los sobrevivientes y otros alelos pueden estar sub-representados o son eliminados.



Ej. De cuellos de botella:

- epidemias
- catástrofes naturales
- caza o tala masiva de árboles.

Computación Evolutiva

Área de investigación que estudia los métodos inspirados en los mecanismos de evolución y herencia biológica propuestos por Darwin, Mendel, Lamarck y Weismann.



C. Darwin
(*Teoría Evolutiva*)

Darwin(1859)



+ G. Mendel
(*Genética*)

Mendel(1866)



+ A. Weismann
(*Seleccionismo*)

= Neo-darwinismo

Computación Evolutiva (CE)

► Metáfora detrás de CE



Computación Evolutiva

Características de los alg. De CE:

- Auto-organizados y tienen control descentralizado.
- Auto-adaptativos con capacidad de auto aprender.
- Usan el conocimiento colaborativo/compartido.
- Se fundamentan en métodos estocásticos (no determinísticos).
- No garantizan que la solución encontrada sea óptima, pero sí casi óptima.

Bibliografía

- ▶ Introduction to Evolutionary Computing. A.E. Eiben, J.E. Smith. Springer, 2th Ed.2015.
- ▶ Evolutionary Algorithms, Swarm Dynamics and Complex Networks. Methodology Perspectives and Implementation. Ivan Zelinka; Guarong Chen. Springer-Verlag, 2018
- ▶ Multi-Objective Optimization using Artificial Intelligence Techniques. Seyedali Mirjalili; Jin Song Dong. Springer briefs in applied sciences and Technology and computational intelligence, 2019
- ▶ Imitation of life. Nancy Forbes(2004)
- ▶ The Blind Watchmaker. Richard Dawkins (1986)