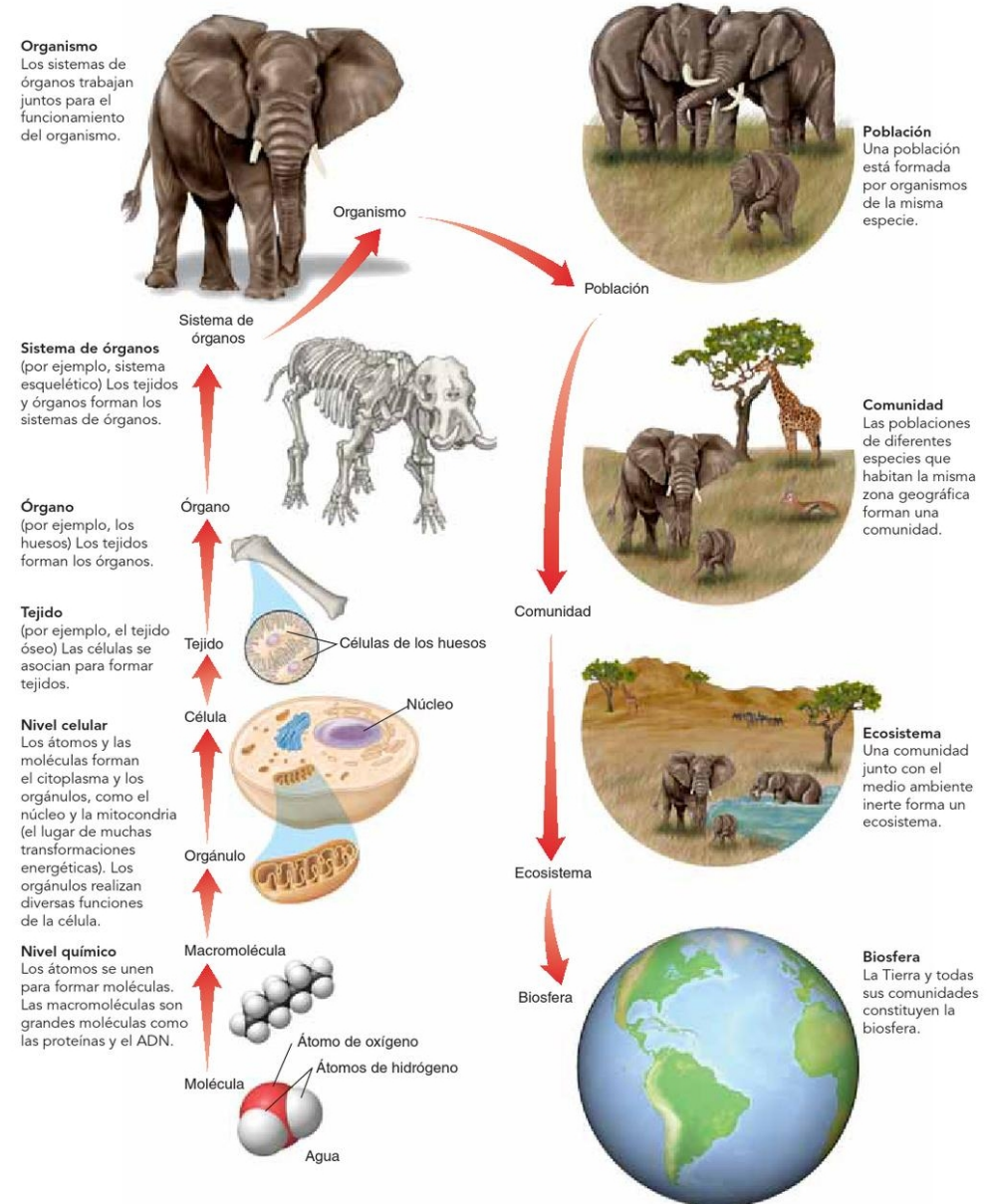


Computación Bioinspirada

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas
ehinojosa@unsa.edu.pe

Algoritmos Bioinspirados

- Uno de los aspectos más importantes de los sistemas biológicos es que considera muchos niveles (ecosistemas, organismos, sistemas, células, etc.)



Algoritmos Bioinspirados

- Ello sugiere que pueden proporcionar fuentes de inspiración para resolver diferentes tipos de problemas del mundo real como lo realizan los sistemas biológicos principalmente para sobrevivir (lo cual es un problema desafiante).



Algoritmos Bioinspirados

- Para sobrevivir con éxito los organismos deben ser capaces de encontrar recursos tales como alimentos, agua, refugio y parejas, evitando al mismo tiempo a los depredadores.



Algoritmos Bioinspirados

- Obviamente los mecanismos que han evolucionado con el objetivo de ayudar a la supervivencia de los organismos son (entre otros): detección, comunicación, cognición y movilidad, los cuales son útiles para inspirar el diseño de algoritmos computacionales.
- Prácticamente todos los sistemas biológicos existen en entornos dinámicos de alta dimensión (es decir, muchos factores influyen en su supervivencia), por lo que los algoritmos de inspiración biológica pueden ser de especial utilidad para resolver problemas en estas condiciones.

Algoritmos Bioinspirados

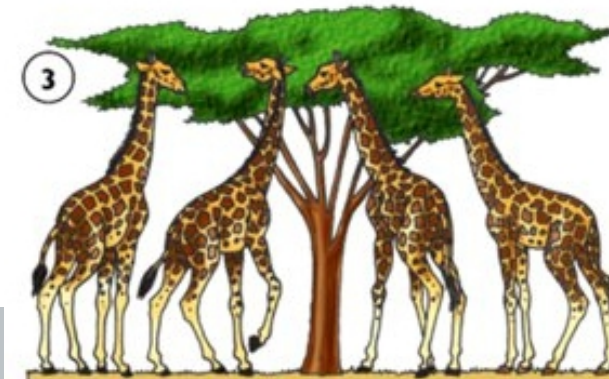
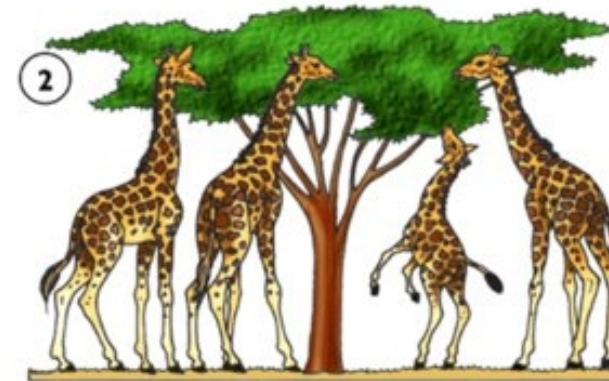
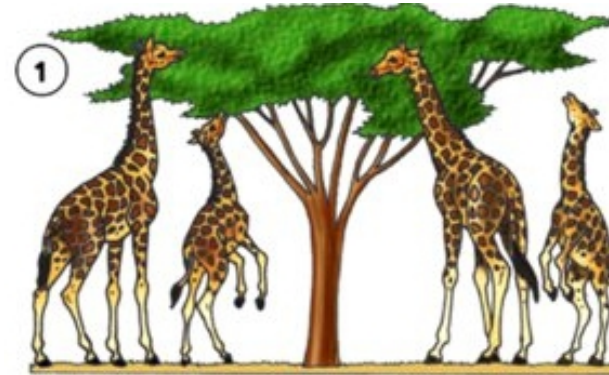
- Aunque muchas características de los sistemas biológicos son destacables, solo algunas proporcionan inspiración para el diseño de algoritmos, entre las principales tenemos:
 - Población;
 - Robustez (supervivencia); y
 - Existencia de procesos de adaptación multinivel.

Población

- En muchos algoritmos de inspiración biológica, la búsqueda de buenas soluciones tiene lugar dentro de una población de soluciones potenciales.
- Al igual que en los entornos biológicos, los individuos de una población pueden considerarse una hipótesis individual (o ensayo de aprendizaje) en el juego de la supervivencia.

Población

- Desde el punto de vista de las especies, el mantenimiento de una población dispersa de individuos reduce la posibilidad de que el cambio ambiental extinga a toda la especie.



Darwinismo

Población

- A diferencia a muchos algoritmos de optimización tradicionales (no naturales o no bioinspirados), el paradigma es generar una única solución de prueba y luego mejorarla de forma iterativa.
- Consideremos, por ejemplo, un algoritmo de optimización de escalada aleatoria simple (simple random hill-climbing) donde una solución individual es mejorada iterativamente usando una estrategia de búsqueda greedy.

Algoritmos Bioinspirados

Algorithm 1.1: Hill Climbing Algorithm

```
Randomly generate a solution  $x$ ;  
Calculate the objective function value  $f(x)$  for the solution;  
repeat  
| Randomly mutate solution;  
| if new solution is better than the current solution then  
| | Replace the current solution with the new one  
| end  
until terminating condition;
```

Algoritmos Bioinspirados

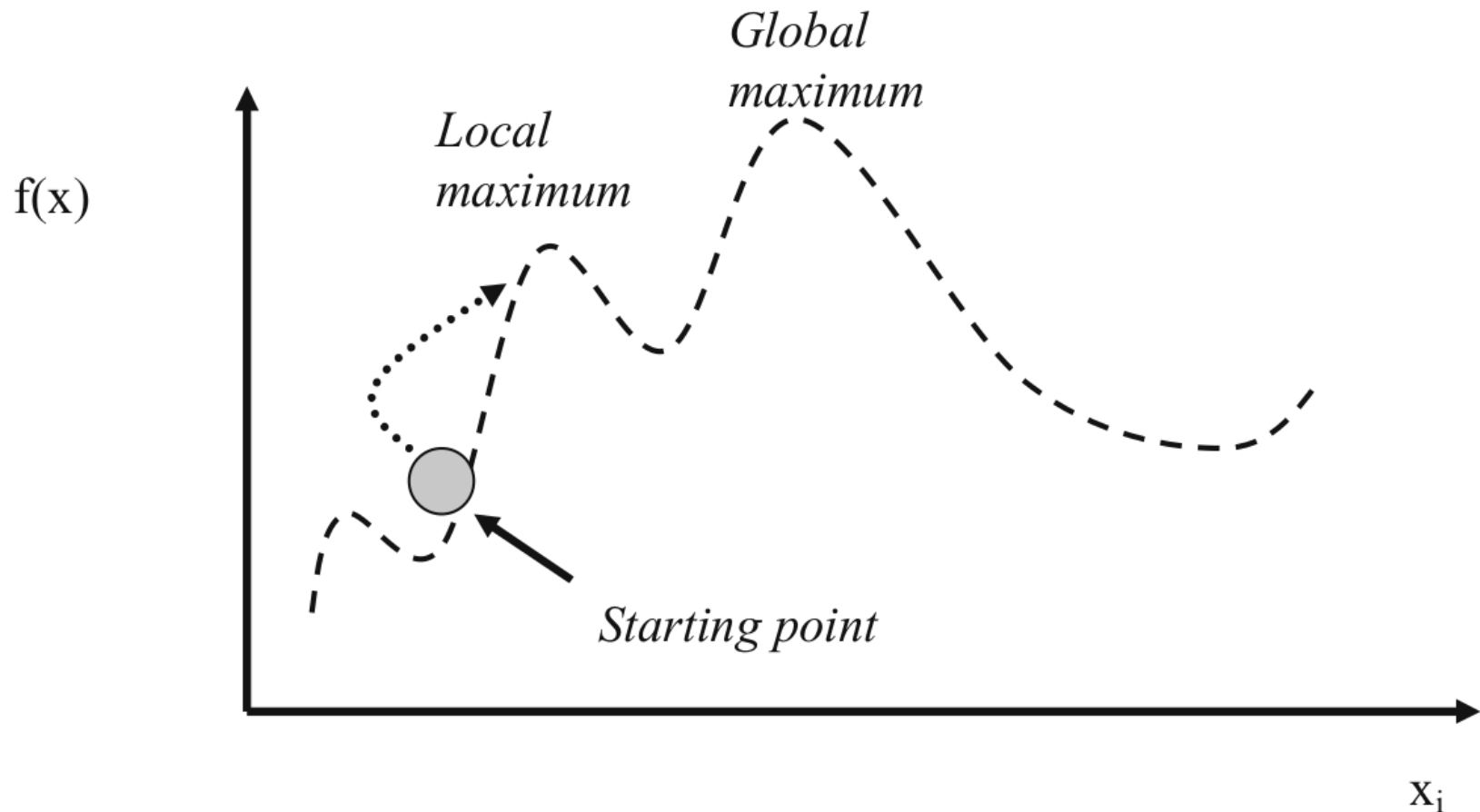


Fig. 1.3. A hill-climbing algorithm will find a local optimum. Due to its greedy search strategy it cannot then escape from this as it would require a ‘downhill’ move to traverse to the global optimum

Algoritmos Bioinspirados

- Muchos de los algoritmos de inspiración biológica que estudiaremos mantienen y actualizan sucesivamente una población de posibles soluciones, que en el caso ideal proporciona una buena cobertura (o muestreo) del entorno en el que estamos resolviendo problemas.
- Esto, por supuesto asume que el proceso que genera la primera población, dispersa a los individuos de manera adecuada para maximizar la cobertura del espacio de soluciones.

Algoritmos Bioinspirados

- Lo ideal sería que, a medida que avance la búsqueda, se mantuviera un cierto grado de dispersión para evitar la convergencia prematura de la población hacia el óptima local.
- Es la existencia de una población lo que permite que los algoritmos bioinspirados tengan el potencial para lograr características de búsqueda globales, y evitar la optimización local, a través de la dispersión poblacional de los individuos.

Dispersión y Diversidad

- Es importante destacar este punto que no debemos confundir las nociones de diversidad (los valores de las funciones objetivo) y de dispersión.
- A menudo enfatizamos (demasiado) el valor de la diversidad dentro de una población. Desde la perspectiva de la búsqueda computacional, podría decirse que es más valioso centrarse en la dispersión (o cobertura) de la población.

Dispersión y Diversidad

- Es posible tener una alta diversidad dentro de una población; sin embargo, al mismo tiempo, la población podría converger hacia un óptimo local.
- Al contrario, es menos probable que una población con un alto valor de dispersión converja de esta manera.

Dispersión y Diversidad

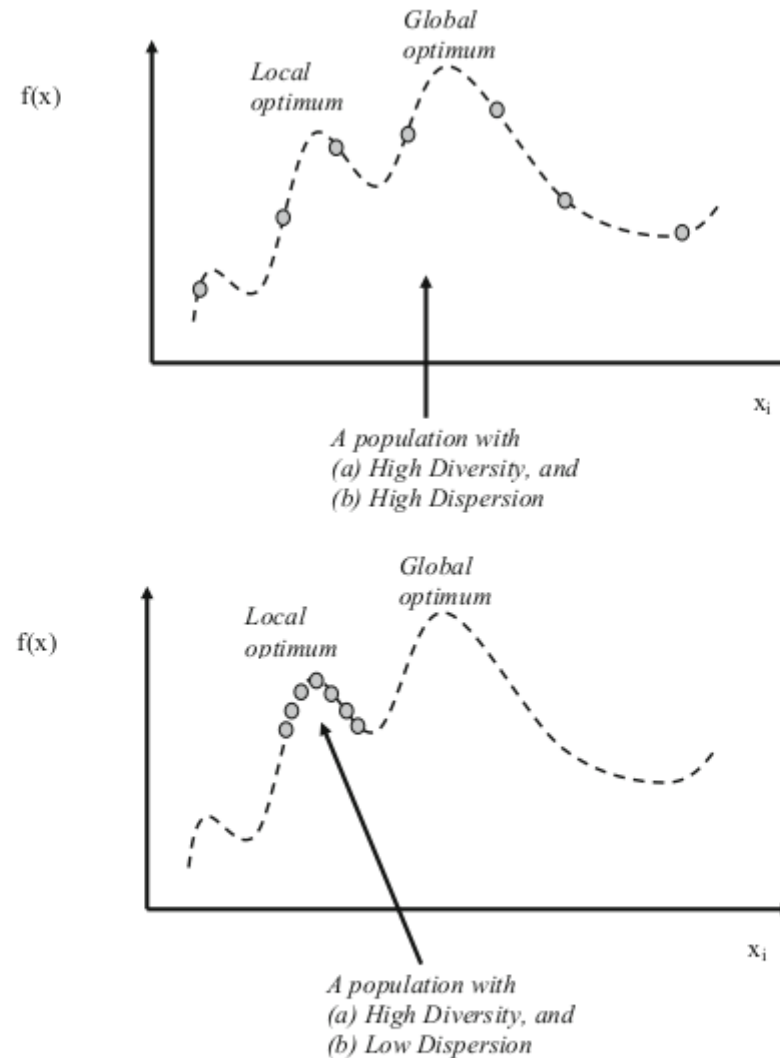


Fig. 1.4. An illustration of the difference between a dispersed (top) and a diverse (bottom) population. It is possible to have a large amount of diversity (e.g., a wide range of objective function values) but still be converged on a local optimum

Dispersión y Diversidad

- La importancia de la dispersión se pone de manifiesto si exponemos a la población a un entorno cambiante en el que la ubicación de la óptima podría cambiar con el tiempo.
- Una población que mantiene la dispersión puede tener una mejor oportunidad de adaptarse a un entorno en el que el óptimo global se mueve a una distancia relativamente lejana de su ubicación actual.

Comunicación

- Otro aspecto crítico de la mayoría de los algoritmos que estudiaremos es que los miembros de la población no buscan de forma aislada.
- En cambio, pueden comunicar información sobre la calidad de su solución actual (o anterior) a otros miembros de la población.

Comunicación

- La comunicación, la definiremos en sentido amplio, como el intercambio de información entre los miembros de la población, por lo que puede adoptar diversas formas: desde señales químicas que se dejan en el entorno de un algoritmo de computación social, que pueden ser detectadas por los individuos de la población, hasta el intercambio de genes en un algoritmo evolutivo.
- Esta información se utiliza para sesgar el proceso de búsqueda hacia áreas de mejores soluciones a medida que el algoritmo itera.

Robustez

- La "supervivencia en un entorno dinámico" es el objetivo principal de muchos sistemas biológicos.
- Por lo tanto, el motor implícito para los organismos es típicamente descubrir e implementar estrategias de supervivencia que sean "suficientemente buenas" para las condiciones actuales y que sean robustas a las condiciones ambientales cambiantes.

Adaptabilidad

- Un modelo interesante de adaptación en sistemas biológicos se describe es descrito por Sipper (1997) y se conoce comúnmente como el modelo POE.
- Este modelo distingue entre tres niveles de organización en los sistemas biológicos:
 - phylogeny (P), - filogenia
 - ontogeny (O), and – ontogenia y
 - epigenesis (E). epigénesis

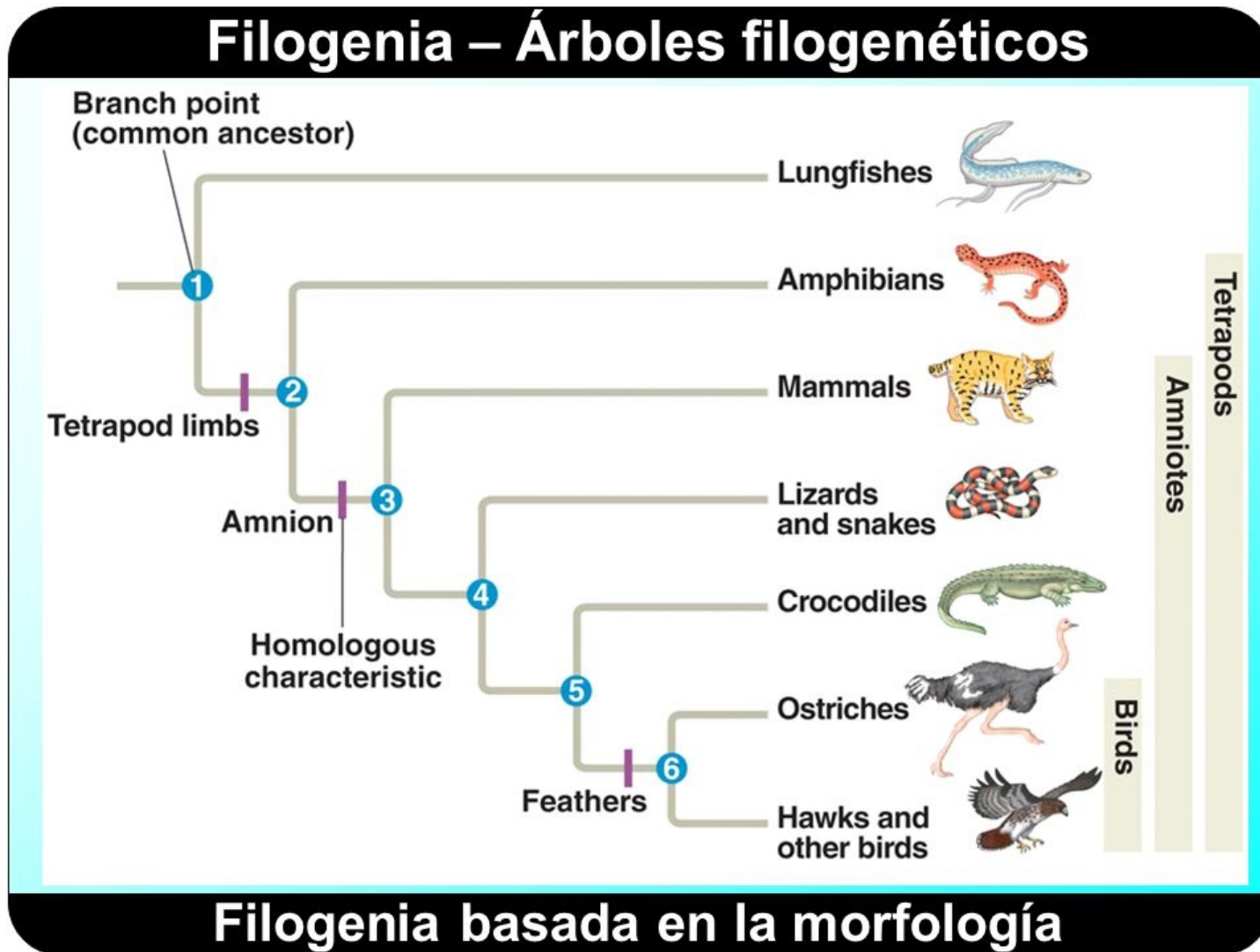
Adaptabilidad: Filogenia

- La filogenia se refiere a la adaptación del código genético con el tiempo. A medida que el genoma se adapta y diferencia, evolucionan múltiples especies o filogenia.
- Los principales mecanismos para generar diversidad en los códigos genéticos son la mutación y, en el caso de la reproducción sexual, el cruzamiento.

Adaptabilidad: Filogenia

- La continua generación de la diversidad en las codificaciones genéticas facilita la supervivencia de las especies, y la aparición de nuevas especies, frente a las cambiantes condiciones ambientales.
- Gran parte de la investigación en torno a la computación evolutiva hasta la fecha existe a lo largo de este eje de adaptación.

Adaptabilidad: Filogenia



Adaptabilidad: Ontogenia

- Ontogenia se refiere al desarrollo de un organismo multicelular a partir de un cigoto.
- Mientras que cada célula mantiene una copia del genoma original, se especializa en realizar tareas específicas dependiendo de su entorno (diferenciación celular).

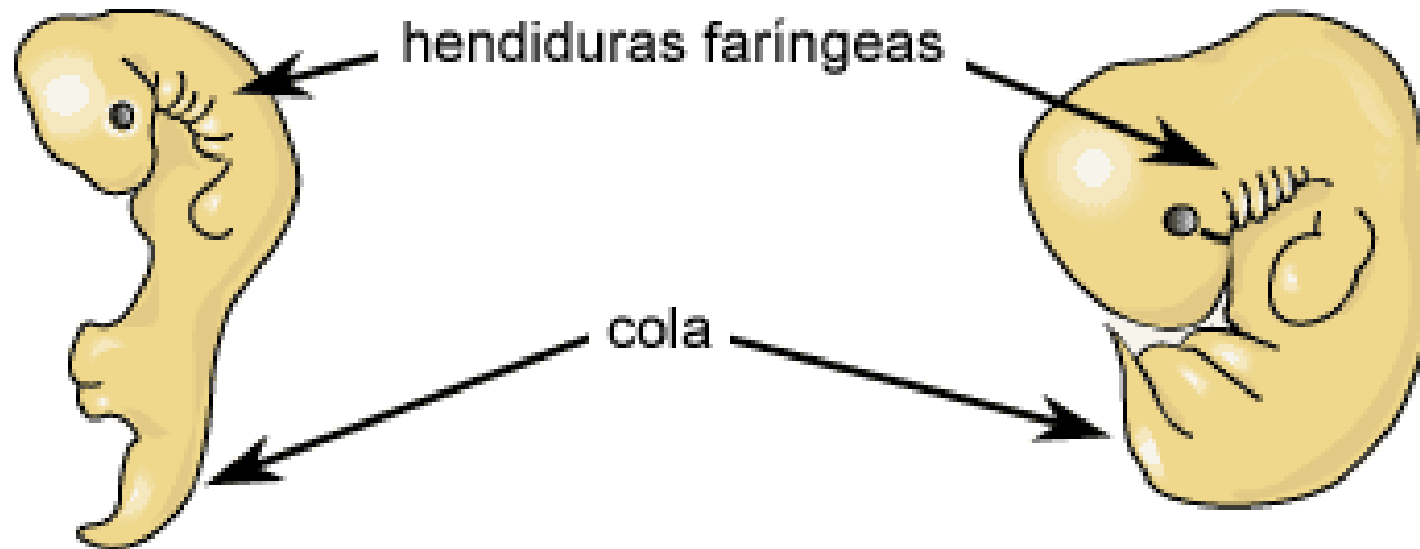
Adaptabilidad: Ontogenia

- Mediante el estudio de la ontogenia (el desarrollo de los embriones), los científicos pueden aprender sobre la historia evolutiva de los organismos. A menudo, pero no siempre, los caracteres ancestrales se conservan en el desarrollo del organismo. Por ejemplo, los embriones tanto del pollo como del ser humano pasan por un estadio en el que tienen hendiduras y arcos en el cuello que son idénticos a las hendiduras faríngeas y los arcos branquiales de los peces. Esta observación apoya la idea de que los pollos y los seres humanos comparten un antepasado común con los peces. Por lo tanto, los caracteres del desarrollo, junto con otras pruebas, pueden utilizarse para construir las filogenias.

Adaptabilidad: Ontogenia

Embrión de pollo

Embrión humano



Adaptabilidad: Epigénesis

- La epigénesis es el desarrollo de sistemas que permiten al organismo integrar y procesar grandes cantidades de información de su entorno.
- El desarrollo y funcionamiento de estos sistemas no está completamente especificado en el código genético del organismo y, por lo tanto, se denominan "más allá de lo genético" o epigenético.

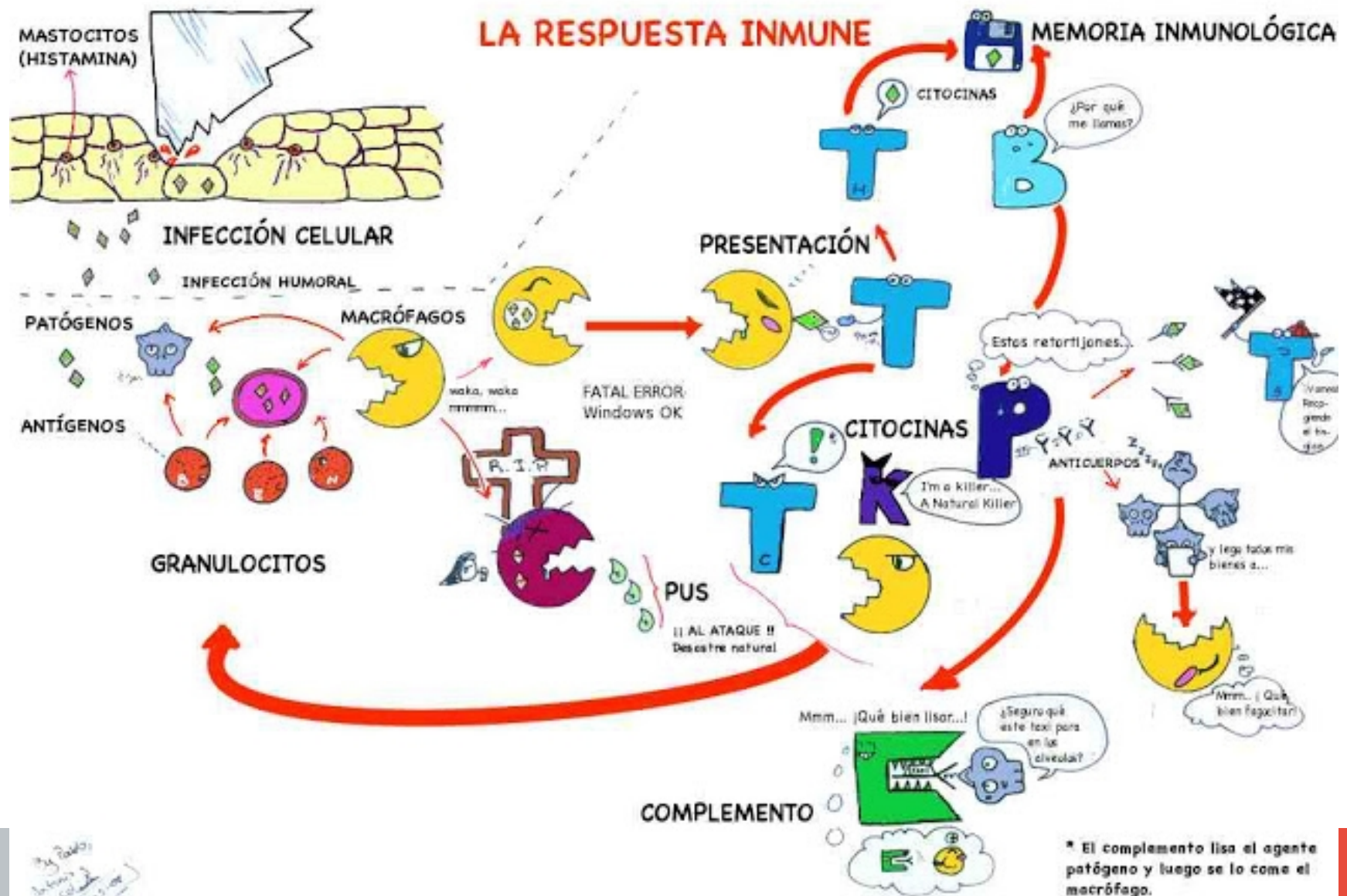
Adaptabilidad: Epigénesis

- Los ejemplos incluyen los sistemas inmunológico, nervioso y endocrino. Si bien la estructura básica de estos sistemas se rige por el código genético del organismo, se modifican a lo largo de la vida del organismo como resultado de su interacción con el medio ambiente.
- Por ejemplo, el sistema inmunológico de un ser humano puede mantener una memoria de los patógenos que ha sido expuesto (el sistema inmunológico adquirido).

Adaptabilidad: Epigénesis

- El medio ambiente puede afectar qué genes se expresan (o no) modificando así indirectamente la capacidad de un organismo de la composición genética para adaptarse a las condiciones en las que se encuentra.

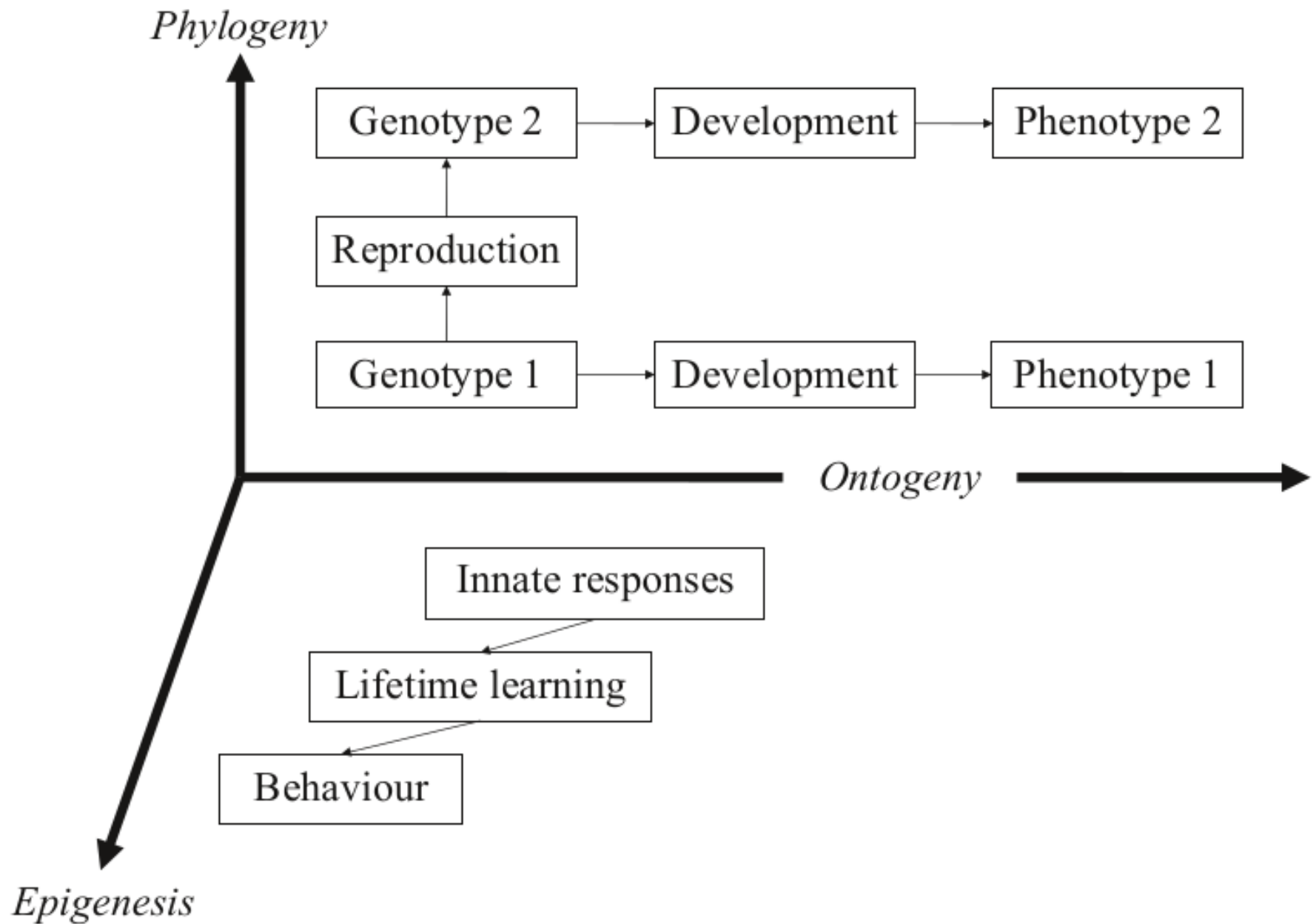
Adaptabilidad: Epigénesis



Adaptabilidad

- En los organismos biológicos complejos, los tres niveles de organización están interrelacionados.
- Sin embargo, para ayudarnos a pensar en el diseño de algoritmos de inspiración biológica, puede ser útil considerar cada nivel de organización (y sus procesos adaptativos asociados) por separado.
- Evolución, estructura y aprendizaje.

Fig. 1.5. Three levels of organisation in biological systems



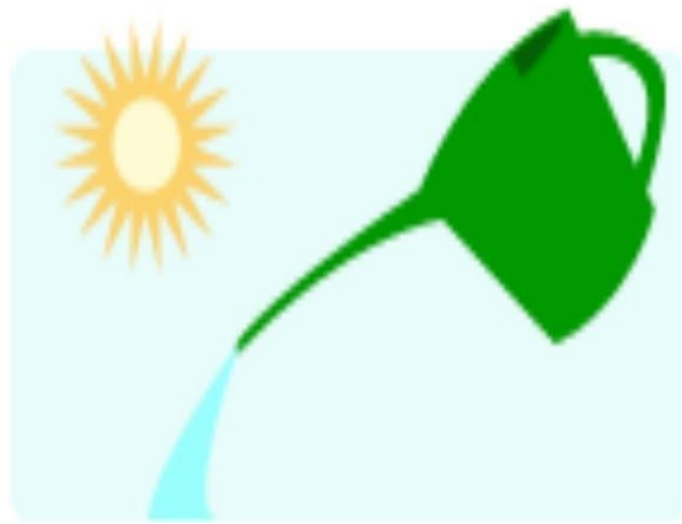
GENOTIPO VS FENOTIPO

GENES



+

ENTORNO



=

FENOTIPO



Educandose.com

Adaptabilidad

- En los organismos biológicos complejos, los tres niveles de organización están interrelacionados.
- Sin embargo, para ayudarnos a pensar en el diseño de algoritmos de inspiración biológica, puede ser útil considerar cada nivel de organización (y sus procesos adaptativos asociados) por separado.
- Evolución, estructura y aprendizaje.

¿Cuánta inspiración natural?

- Una pregunta obvia al considerar los algoritmos computacionales que se inspiran en los fenómenos naturales es cuán precisa tiene que ser la metáfora.
- Consideramos que la verdadera medida de la utilidad de un algoritmo de computación natural no es su grado de veracidad con (lo que conocemos de) la naturaleza, sino su efectividad en la resolución de problemas; y que un diseñador inteligente de algoritmos debe incorporar ideas de la naturaleza - omitiendo otras - siempre y cuando éstas mejoren la capacidad de resolución de problemas de un algoritmo.

GRACIAS

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas
ehinojosa@unsa.edu.pe