

Apuntes para Ecología y Conservación

# Del *Homo erectus* a la agricultura: factores evolutivos y ambientales



Marcelo L. Morales Yokobori

2017

***Derechos reservados***

***Del Homo erectus a la agricultura. Factores evolutivos y ambientales, escrito por Marcelo Lino Morales Yokobori, es ofrecido como texto de estudio en el portal "Terra curanda", ISSN 1569-2469.***

## Contenido

Derechos reservados.....	1
La aparición del Homo sapiens y el desarrollo de su capacidad modificadora del ambiente .....	3
La aparición de la agricultura .....	6
El suelo .....	9
Los cuerpos de agua continentales .....	12
Bibliografía .....	14

## La aparición del *Homo sapiens* y el desarrollo de su capacidad modificadora del ambiente

El desarrollo de un organismo está determinado por el material genético que lleva y por la forma en que este último se expresa, bajo las condiciones ambientales del hábitat que ocupa. A esta expresión de los genes, en términos de órganos, tejidos y metabolismos, la llamamos fenotipo. A su vez, el material genético de una especie, llamado genoma, puede sufrir alteraciones a lo largo de varias generaciones; algunas de las cuales pueden, eventualmente, resultar ventajosas ante condiciones ambientales nuevas o viejas, adversas o no. Este fenómeno constituye un proceso que permite la generación de nuevas especies, o incluso variantes dentro de la misma especie, que encuentren una mayor capacidad adaptativa frente al ambiente en el que viven. Con los cambios genéticos, algunos individuos resultarán más aptos para el hábitat ocupado mientras que otros podrán sufrir la extinción o eventualmente sobrevivir hacia otras regiones donde no deban competir con los más aptos. A grandes rasgos, es así como se puede explicar la teoría de la evolución de las especies, siendo nuestra especie, el *homo sapiens*, la expresión máxima de dicha evolución.

Nosotros pertenecemos al grupo de los primates, cuya clasificación se puede apreciar en la Ilustración 2. Decimos que nuestra especie es la más evolucionada por su amplio desarrollo cognitivo con capacidad de razonamiento, comparativo a otras especies, el cual nos permite en este preciso momento, por ejemplo, estar interactuando, a través de un texto. Esta capacidad intelectual resulta, en gran medida, como consecuencia de un mayor desarrollo de la corteza cerebral, respecto a otros primates, en combinación con la liberación de los miembros anteriores, brazos y manos, fruto del bipedismo. Esta última característica de locomoción; es decir, la capacidad de poder desplazarse con los miembros inferiores no es compartida con ninguna otra especie actualmente presente, aunque sí existieron otras especies bípedas, ahora extintas, como el *Homo habilis*, *Homo erectus* y el *Homo neanderthalensis*, entre otros. Los primates más parecidos a nosotros, los antropomorfos (ver Ilustración 3), se desplazan sobre el suelo utilizando sus cuatro extremidades. Eventualmente, y con cierta gracia para nosotros, pueden erguirse y caminar sobre sus dos extremidades inferiores, pero con dificultad y balanceándose hacia los costados. Los músculos abductores y aductores, que en los humanos permiten los movimientos laterales de nuestras piernas (evitando de esta manera el balanceo hacia los costados cuando caminamos), en la disposición anatómica de los antropomorfos, cumplen funciones de movimientos anteroposteriores permitiendo, así también, desplazamientos más veloces.

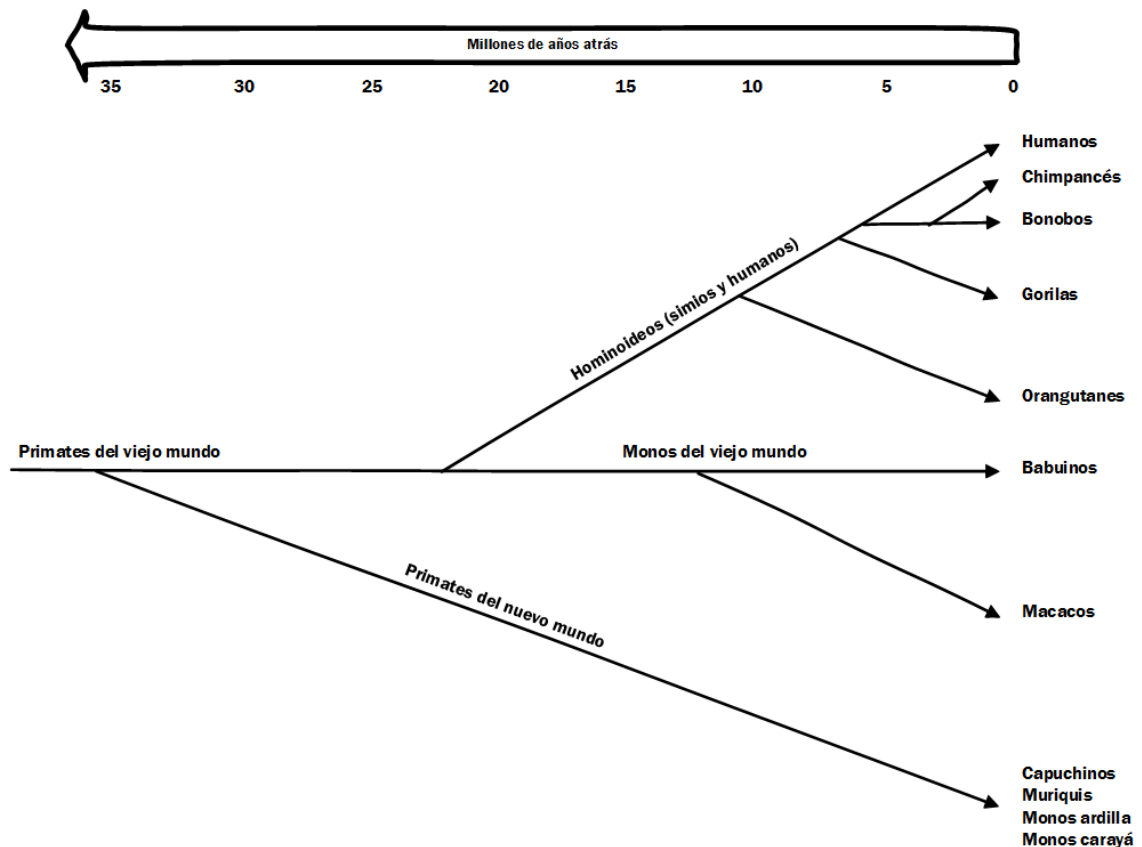


Ilustración 1: Cronología de la evolución de los primates

La evolución no es lineal sino divergente. Mientras algunas de las ramas evolutivas culminaron en extinción, otras han seguido su curso. Una de estas últimas ramas es la que condujo a nuestra especie mientras que otra, por ejemplo, es la que condujo a los monos carayás, autóctonos de nuestro país (ver Ilustración 1). Ambas especies son contemporáneas, pero no es correcto decir, que descendemos de los actuales monos o simios sino de ancestros comunes con ellos, que ocurrieron millones de años atrás.

En escala evolutiva nuestra especie es reciente, es decir su aparición ocurre alrededor de 200.000 años atrás. Se postulan, principalmente, dos hipótesis para explicar el lugar donde ocurre la aparición del *homo sapiens*: la evolución multirregional y la de reemplazo (“Out of Africa”). En la primera, los humanos modernos evolucionaron desde poblaciones de *homo erectus*, ancestro de nuestra especie, diseminadas por todo el viejo mundo (excluida América) desde 1.800.000 años atrás. En cambio, en la hipótesis de reemplazo, el único origen es África, concretamente el África subsahariana; desde donde, alrededor de 100.000 años atrás, nuestra especie se habría diseminado por los demás continentes del viejo mundo. La llegada del *homo sapiens* al nuevo mundo, América, es de apenas 10.000 años atrás.

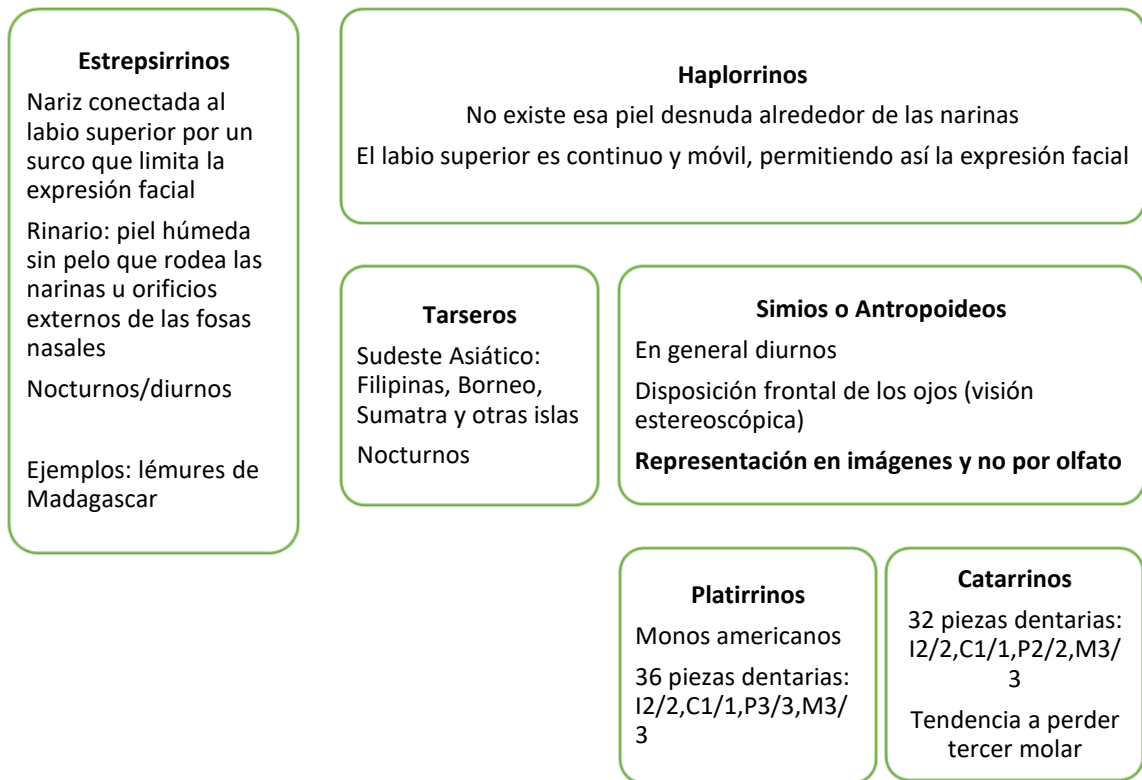


Ilustración 2: Clasificación de los primates

Nuestra especie se encuentra dentro de los catarrinos, los cuales a su vez se clasifican de la siguiente manera:

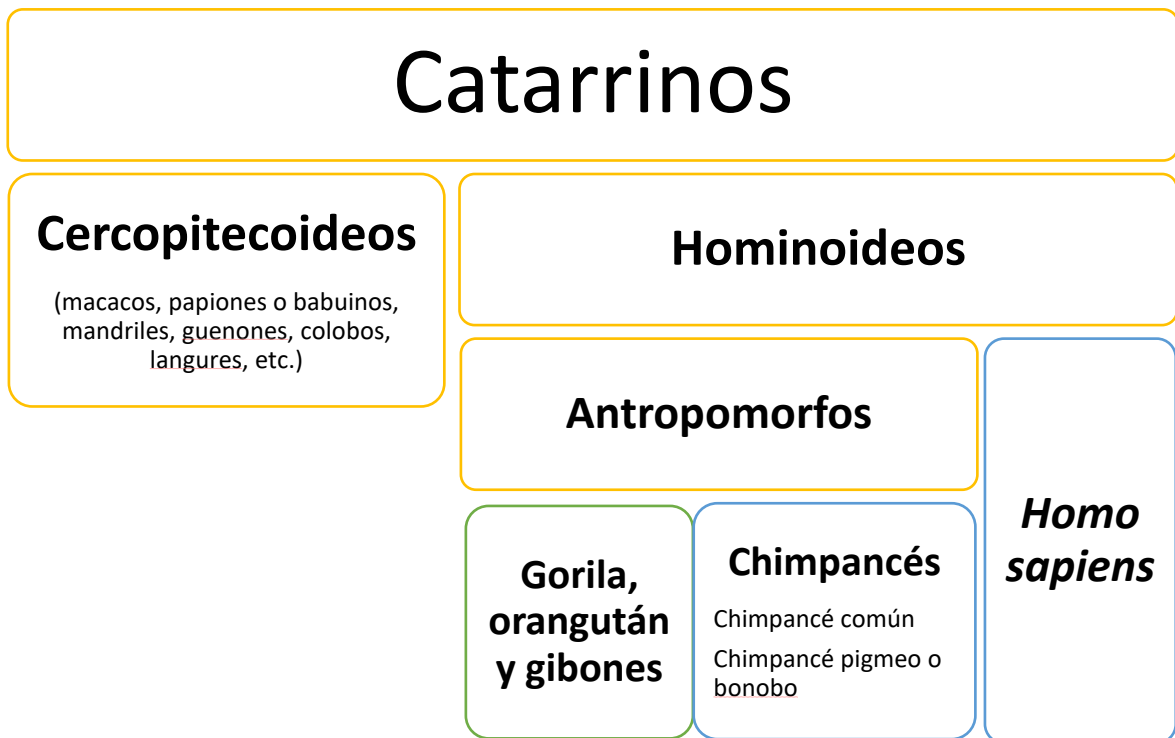


Ilustración 3: Clasificación de los catarrinos

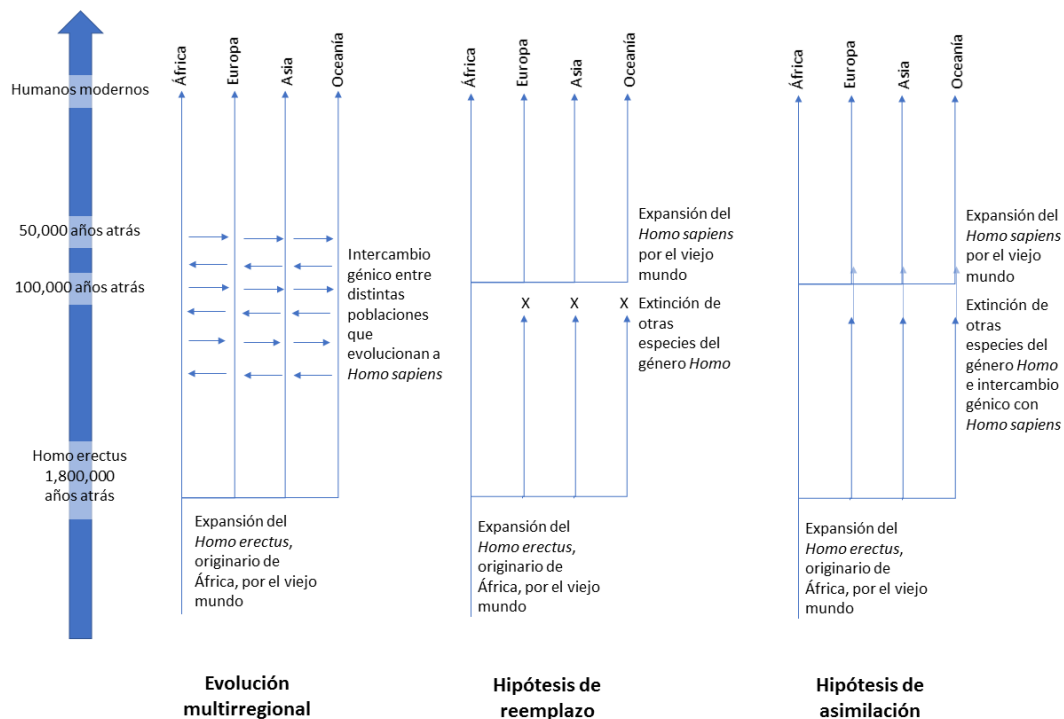


Ilustración 4: Las tres principales teorías que explican el origen de nuestra especie, *homo sapiens*. La hipótesis de reemplazo es la más ampliamente aceptada.

## La aparición de la agricultura

Hasta hace, aproximadamente, unos 10 000 años AP<sup>1</sup> nuestra especie había sido cazadora y recolectora. El *homo erectus*, predecesor del *homo sapiens*, ya mostraba (según esqueletos encontrados) reducidos tractos gastrointestinales, característica anatómica de la mayoría de los predadores. Esta disminución, en tamaño, del sistema digestivo se interpreta como una compensación al incremento del cerebro, pudiéndose asociar ambos caracteres evolutivos con la caza.

A partir de los 10 000 años AP, nuestra especie comienza con la agricultura, fenómeno que ocurre simultáneamente en distintas partes del planeta. Este cambio cultural y de relación con la naturaleza queda asociado también con la necesidad de establecerse en determinados lugares, a fin de cuidar los cultivos. De esta manera, el *homo sapiens* pasa de ser nómada a ser sedentario, asentándose en lugares donde la agricultura pueda prosperar, factor que implica disponibilidad de agua y un clima próspero. Actualmente, las comunidades recolectoras son muy escasas, ocurriendo en unos pocos bosques tropicales y boreales, desiertos, sabanas y tundras.

Seguramente, los conocimientos adquiridos sobre las especies usufructuadas, a través de la recolección y la caza, permitió a los primeros miembros de nuestras civilizaciones adquirir los conocimientos iniciales para desarrollar los primeros cimientos de la agricultura y la cría de animales. Consecuencia directa de estos procesos, que fueron evolucionando en términos de conocimiento, es la domesticación de especies. La evidencia arqueológica indica que 10 000

<sup>1</sup> AP: Antes del presente

años AP las culturas humanas iniciaron la práctica agrícola en varias partes del mundo, con diferentes especies domesticadas en función de cada hábitat ocupado. Floreció así la agricultura en el Cercano y Lejano Oriente, en Mesoamérica y Sudamérica, donde se hallaron evidencias arqueológicas (Olazábal, 2014).

Fue Nikolai Vavilov, botánico ruso quien pereció en el régimen de Stalin por defender la genética mendeliana, el primer científico en proponer ocho centros primarios de domesticación de plantas cultivadas o cultígenos (Ilustración 6) que abarcan básicamente el continente africano, euroasiático y americano.

Tabla 1: algunos de las especies cultivadas hoy según su origen de domesticación.

Región	Cultivos originarios
Mesoamérica	Maíz, tomate, poroto seco
Perú	Tabaco, papa, maní
Chile	Frutilla
Mediterráneo	Remolacha azucarera, centeno, uva, cebada, trigo
Asia central	Cebolla
India	Algodón arroz
China	Soja, arroz, citrus

Es difícil e innecesario establecer un punto exacto de inicio para la agricultura o de la ganadería, pues hay que entender estos fenómenos como procesos de desarrollo, probablemente graduales y lentos. En particular, por domesticación podemos entender la cría selectiva de plantas y animales hecha por humanos con el objeto de acomodar la descendencia a sus propias necesidades. Tenemos entonces un impacto del *homo sapiens* sobre la naturaleza sin precedente en la historia natural, consecuencia de su desarrollo cognitivo como así también de sus necesidades alimentarias (carnívoro con menos desarrollo del tracto digestivo) a las cuales podríamos agregar sus necesidades de sociabilidad, comportamiento más favorecido por una vida sedentaria. Para la naturaleza, la domesticación ocasiona una modificación considerable del ecosistema natural al plantearse nuestra especie como objetivo garantizar la calidad y cantidad requerida de la especie domesticada. Una vez que una planta ha sido domesticada la especie adquiere caracteres seleccionados que buscan satisfacer los intereses de nuestra propia especie. Dichos caracteres no necesariamente representan una ventaja de supervivencia. Más aún, algunos pueden ser perjudiciales para la supervivencia natural. Ejemplos de ello son:

- maíz moderno (*Zea mays*) cuya vaina que cubre la mazorca o espiga no permite la dispersión de las semillas.
- trigo (*Triticum spp.*) y otros cereales cuyas infrutescencias dificultan la dispersión de las semillas.

#### Identificación de especies del pasado

##### Granos de polen

Son prácticamente indestructibles al paso del tiempo, debido a las propiedades químicas de la exina, sustancia que conforma la pared externa del grano.

##### Fitolitos

Son compuestos formados por oxalato de calcio, y rara vez por carbonato de calcio. La sílica opalina u ópalo-A es más común en diatomeas, espículas de esponjas y otros organismos.

Cuando una planta muere los fitolitos pueden permanecer en el suelo por miles de años. Resultan muy distintivos dadas sus variadas formas y tamaños, características de cada especie, permitiendo así distinguir aquellas domesticadas de las originarias salvajes, como así también entre especies salvajes y/o domésticas entre sí.

A su vez, la técnica del carbono 14 (presente en

- arroz (*Oryza sativa*): se determinó que una sola base nucleotídica (guanina) en una localización específica del cromosoma 4 de esta especie, presente en su forma salvaje, está reemplazada por timina en su forma domesticada. Este simple cambio resulta responsable de la pérdida de la capacidad dispersiva de sus semillas. Este hecho fue comprobado restaurando la base guanina donde había sido sustituida por timina.

Otro resultado característico de la domesticación que vale la pena mencionar es la pérdida de la dormancia en las semillas.

Pueden ser señaladas dos técnicas de domesticación: la selección y endocría de poblaciones preexistentes para hacer prevalecer los caracteres deseados, logrando a la vez uniformidad en el conjunto de individuos de la especie, y el cruzamiento entre razas o variedades con el objeto de obtener individuos que conlleven los mejores caracteres de sus respectivos progenitores. A este último fenómeno se lo llama vigor híbrido y ha sido estudiado, por ejemplo, en el maíz (Morales, Decker, & Ornella, 2010).



Ilustración 5: De la recolección y la caza a la agricultura y la ganadería: un desarrollo progresivo.



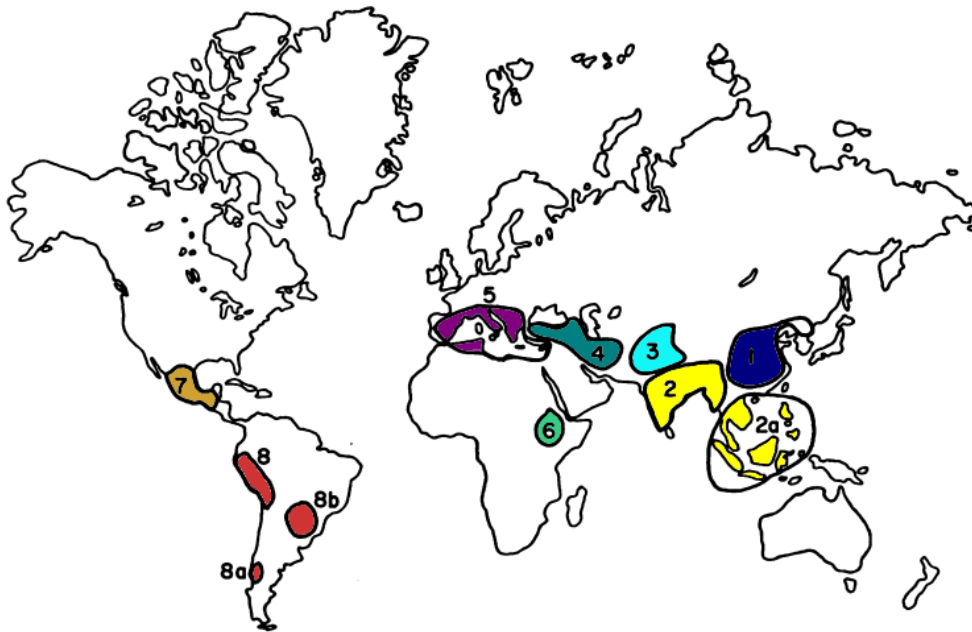


Ilustración 6: La clasificación propuesta por Nikolai Vavilov para los centros primarios de domesticación de plantas cultivadas (Harlan, 1971): 1-China; 2-India; 2a-Vietnam, Camboya, Malasia, Singapur, Indonesia, Filipinas; 3-Asia Central; 4-Cercano Oriente; 5-Mediterráneo; 6-Etiopía; 7-Mesoamérica; 8-Perú; 8a-Argentina, Chile; 8b-Bolivia, Paraguay, Brasil.

## El suelo

El suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres, pues contiene el agua y los otros elementos nutritivos necesarios para el desarrollo y la vida de los seres vivos, empezando por los organismos autótrofos<sup>2</sup> fotosintéticos<sup>3</sup>. Como las plantas son, mayoritariamente, la base alimentaria de todo ecosistema terrestre, la calidad del suelo condiciona el desarrollo de este último.

El suelo se forma a través de un largo proceso en el que intervienen el clima, los seres vivos y la roca más superficial de la litosfera<sup>4</sup>. Este proceso es una sucesión de etapas ecológicas en la que va madurando el ecosistema suelo. Básicamente, la roca es meteorizada por agentes meteorológicos, como el frío/calor, la lluvia, las oxidaciones e hidrataciones, etc., y de esta manera la roca se va fragmentando. Estos fragmentos de roca luego se entremezclan con restos orgánicos como heces, organismos muertos, fragmentos de vegetales, etc.; y la descomposición de esta materia orgánica, ejecutada por hongos y bacterias, es la que conlleva a la formación del humus, la parte orgánica del suelo. El tamaño medio final de las partículas de roca determinará si el suelo resulta rocoso, arenoso, limoso o arcilloso.

<sup>2</sup> Que generan su propio alimento, en general a partir de luz, agua y dióxido de carbono, es decir a través de la fotosíntesis.

<sup>3</sup> Proceso que las hojas de las plantas son capaces de realizar a través del cual, utilizando la energía proveniente de la luz, transforman el agua (H<sub>2</sub>O) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en moléculas de glucosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

<sup>4</sup> Capa rocosa superficial que constituye la corteza exterior del globo terrestre.

Tabla 2: Tamaño medio de la partícula de suelo, según se trate de roca, arena, limo o arcilla, dando así lugar a distintas formaciones de suelo.



## Roca (fragmentos de roca)

- > 2 mm de diámetro



## Arena

- 2,00-0,05 mm de diámetro



## Limo

- 0,050-0,002 mm de diámetro



## Arcilla

- < 0,002 mm de diámetro

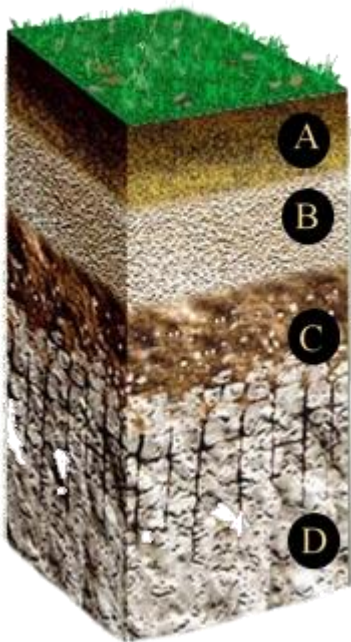


Ilustración 7: Los principales cuatro horizontes que caracterizan a un suelo, conteniendo. A: residuos orgánicos descompuestos y sin descomponer; B: transición hacia el horizonte C; C: fragmentos grandes fríos de la meteorización de la roca madre y D: la roca madre inalterada.

En aquellas regiones donde las características de la roca y el clima resultan similares, se suelen formar suelos muy semejantes entre sí. Conforme avanza el proceso de formación del suelo, haciéndose este más evolucionado, menos influencia pasa a tener el material original que formaba la roca y más el clima. Se van produciendo así estratificaciones del suelo, donde en la parte inferior (horizonte D, ver Ilustración 7) se halla la roca madre inalterada, mientras que en el más superficial (horizonte A) se encuentra la parte del suelo que más atañe a la vida, pues contiene la mayor parte de la materia orgánica. Esta es el estrato que acumula el humus, compuesto heterogéneo de materia orgánica descompuesta que le confiere su típico color oscuro. El agua de lluvia lo atraviesa, disolviendo y arrastrando hacia abajo iones y otras moléculas. A esta acción se la llama lavado del suelo, y es mayor cuando la pluviosidad resulta alta y la capacidad de retención de iones del suelo baja, como es el caso de los suelos poco arcillosos. En los climas áridos, el suelo puede salinizarse a través de un lavado ascendente; es decir, la evaporación retira agua de la parte alta del suelo, lo que provoca la llegada a la superficie de sales subyacentes a través de un líquido ascendente.

El suelo presta servicios ecosistémicos fundamentales para la vida, como son la provisión de agua y nutrientes (minerales), la fijación de las raíces de las plantas y la descomposición y conversión de materia y gases. En relación con el agua, la

porosidad y la permeabilidad del suelo determinarían, respectivamente, la capacidad de almacenaje y conducción del líquido. Un suelo muy poroso (poros grandes y/o abundantes) podrá retener mucha agua, pero si es también muy permeable (poros interconectados entre sí) el líquido tenderá a escaparse fácilmente, sea por acción gravitatoria, evaporación u otro mecanismo. Si, en cambio, el suelo resulta muy poroso, pero también poco permeable; es decir, con abundancia de poros muy pequeños, pero donde la capilaridad empieza a cobrar efecto, o con poros no tan pequeños, pero poco interconectados entre sí, entonces la retención será importante y casi permanente. En algún momento habrá acumulado agua, pero pasará un tiempo para que la misma pueda ser renovada o movida. El pequeño tamaño de los granos de arcilla hace que esta fracción del suelo tenga una gran superficie por unidad de masa (1 g de arcilla suma de 25 a 900 m<sup>2</sup> de superficie) aumentando considerablemente el fenómeno de capilaridad.

El suelo no solo almacena agua sino también aire. Sus poros pueden ser clasificados en macroporos, comúnmente ocupados por aire, y microporos, ocupados por agua, retenida por capilaridad.



*Ilustración 8: Partícula de suelo, donde se representan las cargas negativas sobre su superficie, las cuales retienen cationes.*

La textura del suelo depende de sus proporciones relativas de arena, limo, arcilla y materia orgánica, constituyendo un indicador para determinar la facilidad de cultivo en un dado terreno. Generalmente, un suelo con más del 40% de materia orgánica es considerado orgánico. Puede ser de textura gruesa cuando es arenoso o de textura fina cuando es arcilloso, existiendo entremedio un degradé de variantes de textura. La arena y la mayoría de los limos son químicamente inertes. Las propiedades químicas del suelo dependen, básicamente, de la naturaleza de sus partículas arcillosas y de su materia orgánica, siendo relevantes para el control de la acidez, el aglutinamiento de otras partículas y la liberación de nutrientes y/o componentes nocivos.

La composición orgánica del suelo incluye restos orgánicos, mayoritariamente de origen vegetal, pero también estiércol, pieles de mudas, animales muertos, etc. A estos fragmentos de los materiales orgánicos en descomposición se los conoce como detritos y, como dijimos antes, son los hongos y bacterias los principales responsables de dicho proceso. Los detritos, son también alimento para otras especies, incluyendo insectos y lombrices. Los detritívoros contrastan con los carroñeros, no solo en que estos últimos consumen materia orgánica no descompuesta, sino también en el tamaño de los fragmentos deglutidos, que son de considerable mayor tamaño. Con la descomposición de los detritos, se comienza a constituir el humus, materia orgánica tan profundamente transformada que ya no puede advertirse la estructura química original de las sustancias que la formaron.

En todo suelo hay algún nivel de materia orgánica. Por ejemplo, en un suelo desértico puede ocurrir en una proporción del 1%, mientras que en la turba (utilizada incluso como combustible de baja energía) la proporción puede llegar al 100%. Como valor medio, para una gran variedad de suelos, se puede considerar una composición media de humus del 5%. Al descomponerse, la materia orgánica del suelo libera también abundantes nutrientes. Parte de estos actúan como alimento para organismos del suelo mientras que otra estabiliza los agregados minerales de los suelos.

## Los cuerpos de agua continentales

A lo largo de la historia, los cuerpos de agua, tales como ríos, lagos, arroyos, lagunas y otros, han servido como suministro de agua, evacuación de residuos y fuente de alimentos. También han sido utilizados como medio de transporte por los humanos. Asimismo, la acuicultura es una práctica que data de por lo menos 3000 años, con el cultivo de la carpa (*Cyprinus carpio*) en Oriente como el registro histórico más antiguo. Luego se extendió a Europa Central, a partir de donde los monasterios medievales europeos comenzaron a incluir en sus dietas una cuota semanal de pescado proveniente del cultivo en estanques.

Es notable ver que grandes ciudades estén asociadas con ríos y lagos. Por ejemplo, París con el Río Sena, Londres con el Támesis, Nueva York con el Hudson, etc. Fue precisamente en Ginebra, frente al lago Lemán (el más grande de Europa Occidental) donde nació la limnología moderna, como disciplina del conocimiento que estudia todos los aspectos de los cuerpos de agua, incluyendo los meteorológicos, faunísticos y florísticos, de navegación, etc. El punto de referencia para este inicio es la obra de François-Alphonse Forel titulada *Le Léman*.

Existen dos grandes tipos de cuerpos continentales de agua, los lóticos (aquellos donde el agua sigue un movimiento direccionado, como ríos, arroyos, etc.) y los lénticos (o leníticos) donde el agua está relativamente compartimentada, como es el caso de los lagos y lagunas. En comparación a otros continentes o subcontinentes, Sudamérica es considerada una zona de ríos, más que de lagos, con una riqueza biótica excepcional. Una excepción a esta clasificación es el lago Titicaca, aunque pobre en fitoplancton, con una evolución moderada de peces y otros organismos.

### Cuerpos lóticos de agua

En condiciones de baja pendiente, como los ríos de llanura, tienden a formarse meandros. Ocasionalmente, estos meandros pueden formar lagunas periféricas llamadas madrejones, comunicándose con el río a través de las sucesivas crecidas y decrecidas. Estas últimas pueden generar, a su vez, una acumulación de sedimentos dando lugar a la formación de albardones, es decir elevaciones en terrenos bajos y anegadizos (como por ejemplo el Río Aguapey, en Corrientes, Argentina). Fue mediante este proceso que se formaron, y siguen formando, las islas del Delta del Paraná, y por ello en el interior de las mismas se suele encontrar una laguna.

Los desagües de los cuerpos lóticos pueden ser:

**arreicos:** se evaporan o se infiltran (desiertos)

**endorreicos:** desaguan a un lago, laguna o río

**exorreicos:** desaguan al mar u océano

### Cuerpos lénticos de agua

Otras cuencas lacustres importantes son los lagos de montaña y algunas lagunas endorreicas (sin desagüe al mar u océano). En Argentina tenemos, como ejemplo del primer caso, al lago Nahuel Huapi, el cual desemboca en el Océano Atlántico a través del río Limay. Como ejemplo de laguna endorreica, tenemos la Laguna Mar Chiquita, el mayor lago de Argentina, cuya característica notable es su alta salinidad. Esto ocurre porque al no desaguar hacia el océano u otro lago, la pérdida de agua ocurre por evaporación, acumulándose las sales que incrementan así su salinidad. La salinidad típica del mar está en el rango de 35 a 39 gr sal/kg agua,

predominando el cloruro de sodio. En cambio, el agua dulce es considerada como tal cuando su salinidad está por debajo del gr sal/kg agua. La mayoría de los cuerpos continentales de agua son dulces, pero existen otras excepciones además de la laguna Mar Chiquita. Entre ellas, merece mencionarse al Mar Caspio, que es un lago de agua salada (con 1/3 la salinidad del mar) y de enormes dimensiones (el más grande del mundo). Otra excepción notable es el Mar Muerto, con aproximadamente nueve veces la salinidad del mar, factor que aumenta considerablemente la densidad de sus aguas.

Nuestro planeta puede ser pensado como un inmenso destilador. Mientras las aguas marinas representan la caldera, las aguas epicontinentales representan el condensador. La evaporación en los océanos conlleva a la formación de nubes que luego precipitan en los continentes alimentando ríos, los cuales luego desaguarán a los mares, llegando así a los océanos. Para que se cierre el ciclo, entonces, las aguas epicontinentales deben estar por sobre el nivel del mar. Pero hay excepciones como el Mar Muerto que está a -392 m, y que por ello resulta un lago endorreico, no pudiendo evacuar volúmenes significativos de agua hacia los océanos. Sus pérdidas de líquido, necesarias para compensar la entrada de cauda, son por infiltración o desagüe. También el Mar de Galilea (conocido como Lago Tiberiades o Kinnereth) está por debajo del mar (-210 m). Sin embargo, este lago es de agua dulce. Sucede que estos dos lagos mencionados están interconectados por el Río Jordán, el cual nace en las montañas del Antilíbano, desemboca en el Mar de Galilea, del cual fluye luego hacia el Mar Muerto, siendo así su principal contribuyente.

La mayoría de los lagos son recientes. Los que están a latitudes altas son de origen glacial o han sido influenciado por las glaciaciones, y no datan de más de 11000 años. El destino de los lagos es llenarse de sedimentos, fenómeno que solo puede ser contrarrestado por el hundimiento de su fondo. Ejemplo de esto último es el Lago Baikal, ubicado en Siberia, Rusia, y de origen tectónico.

Una clasificación bastante más simplificada (Margalef) establece dos grandes grupos:

#### ***Lagos de origen geológico (no hídrico)***

En su formación no han intervenido ni el agua ni los organismos. Los más importantes son los tectónicos. Si el fondo es subsidente, es decir que se encuentra en un proceso de hundimiento paulatino, entonces el lago podrá subsistir al irse compensando la acumulación de sedimentos con dicho hundimiento. Los sedimentos, a su vez, constituyen un registro de su historia. Ejemplos de estos lagos son el Tanganica, en África; el Biwa, en Japón; el Mar Caspio, en Europa-Asia y los lagos formados a partir de antiguos cráteres, como los que ocurren en islas del Archipiélago Galápagos, en Ecuador.

#### ***Lagos de origen hídrico***

Fueron originados por agua líquida y/o sólida, a través de la alternación entre congelación y deshielo, infiltrándose en la roca y generando un efecto erosivo, que pudo haber sido incrementado por la acción abrasiva de materiales sólidos transportados. Ejemplos de ellos son los lagos de los Pirineos y los Alpes, el lago Nahuel Huapi y los cenotes (en maya significa hoyo con agua) de Yucatán. Estos últimos son de origen cárstico, es decir el ácido carbónico ( $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$ ) ha meteorizado químicamente las rocas calizas, yeso, etc.

## Bibliografía

Harlan, J. (1971). Agricultural origins: centers and noncenters. *Science*, 174(4008), 468-474.

Morales, M., Decker, V., & Ornella, L. (2010). Analysis of genetic diversity in Argentinian heterotic maize populations using molecular markers. *Ciencia e investigación agraria*, 37(1), 151-160.

Olazával, H. A. (2014). Los orígenes de la agricultura: nuevos paradigmas. *Investigaciones sociales*, 18(33), 53-86.