

BIOGEOGRAFÍA

Principios de Biología Animal 2023

Marcelo Loureiro

Laboratorio Zoología de Vertebrados

Departamento de Ecología y Evolución

- I. Desarrollo del Pensamiento Biogeográfico
- II. Conceptos Clave en Biogeografía
- III. Patrones geográficos fundamentales (Biogeografía Histórica)
- IV. La región Neotropical: el ejemplo de los peces de agua dulce
- V. Siglo XXI Hacia donde va la Biogeografía



- La vida se distribuye de lugar a lugar de una manera no aleatoria y predecible.
- Esta observación sumamente simplista es sin embargo uno de los patrones más importantes y fundamentales de la naturaleza.
- Las sociedades humanas ancestrales tienen este concepto bien presente en su vida desde hace miles de años y por tanto tienen sus especialistas en distribución de los organismos.



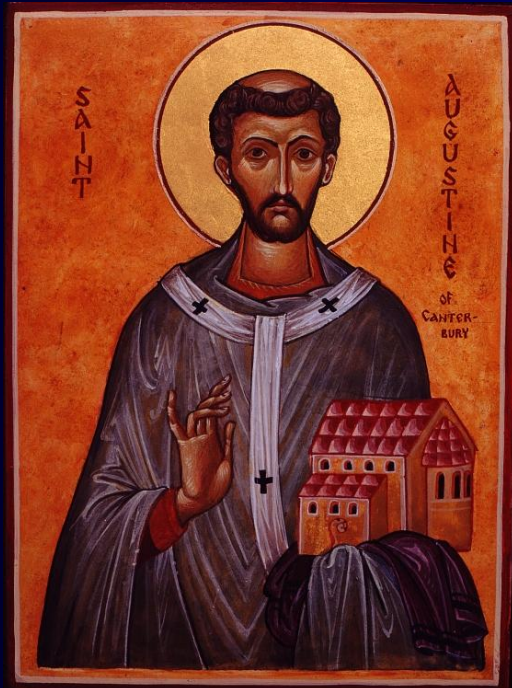
- En la sociedad occidental la historia de la Biogeografía está intrínsecamente relacionada al desarrollo de la biología evolutiva y la ecología.

I. Desarrollo del Pensamiento Biogeográfico

Las primeras ideas

Aristóteles: Cómo se originó la vida, cómo la diversidad se expandió a lo largo del planeta.

- Un planeta dinámico explicaría la variación en el mundo natural en el espacio y tiempo



Augustine (Siglo VII): Influencia de las mareas sobre la distribución de organismos costeros en Irlanda.

- Cambios en los niveles del mar, puente para la dispersión de los organismos.

El renacimiento



Edad de la Exploración Europea. No solo categorizaron y catalogaron especímenes, también comenzaron con la tarea de comparar las biotas entre regiones y desarrollar explicaciones para las similitudes y diferencias que observaban (Método comparativo).

En el siglo XVII el estudio de la biogeografía empezó a plasmarse alrededor de patrones de distribución y variación geográfica.

La mayoría de los temas centrales de la biogeografía moderna tienen sus orígenes en este período.



La Edad de la Exploración: al servicio del Señor



Hasta mediados del siglo XVIII la visión predominante de la naturaleza era la de **Estasis**.

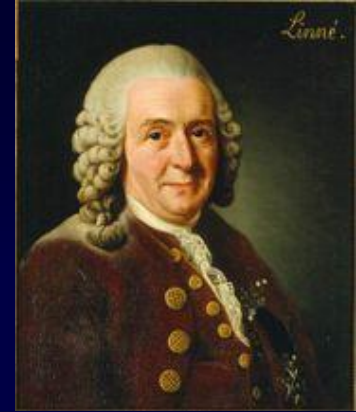
No obstante, la gran cantidad y variedad de especímenes colectados en las expediciones no se ajustaba con el tamaño del **Arca de Noé!**

Tampoco se podía explicar como esa diversidad, adaptada a una variedad dramática de climas y hábitats, pudiera haber coexistido en el sitio de desembarco del Arca .

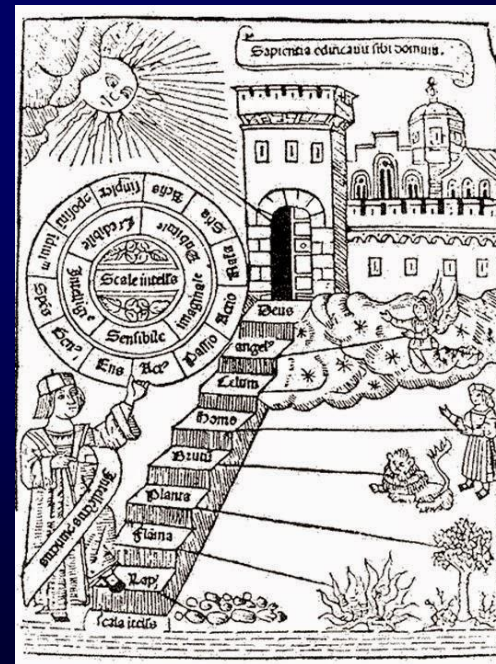
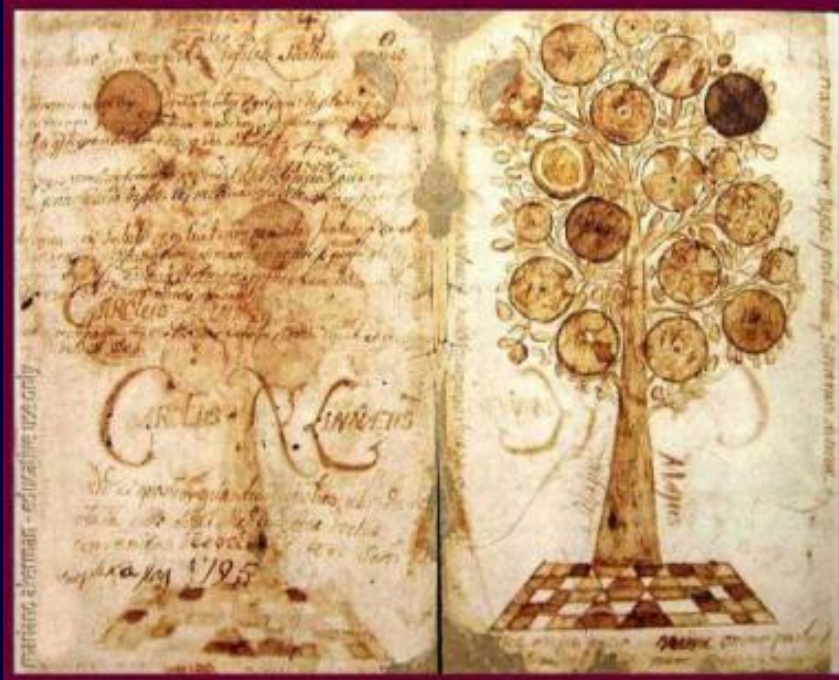


Linnaeus (1707-1778)

Desarrollo de un esquema de clasificación de toda la vida:
Sistema de nomenclatura binomial: *Homo sapiens*



Creación en un único lugar cerca del Ecuador (Montaña Paradisiaca) y luego **dispersión**. Luego de la gran inundación, el arca de Noé atracó en un lugar similar, posiblemente el Monte Ararat, y ocurrió el mismo proceso de **dispersión**.



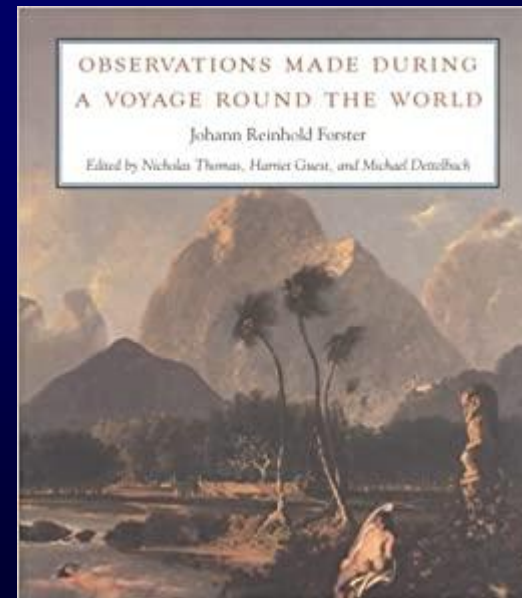
Forster (1729-1798)

Primeras visiones de Regiones Bióticas caracterizadas por diferentes comunidades vegetales.

También descripción de la relación entre las floras regionales y las condiciones ambientales y como las asociaciones de animales cambian junto con las vegetales.

Primeras ideas sobre **Biogeografía de Islas**: menor diversidad en islas que en el continente, número de especie aumenta con recursos (área y variedad de hábitats).

Primeros patrones latitudinales.

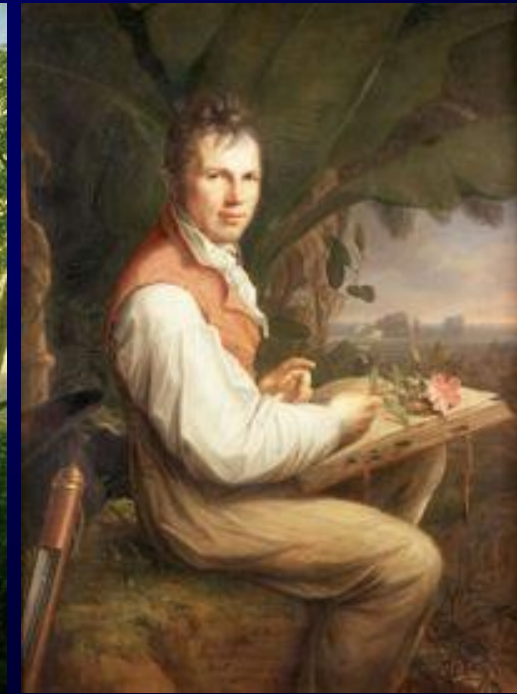


Humboldt (1769-1859)

El padre de la fitogeografía.

Las leyes fundamentales de la naturaleza puede ser descubiertas mediante el estudio de las distribución de los organismos.

Observó que los gradientes latitudinales de Forster pueden ser observados a escalas más locales en **gradientes altitudinales**.



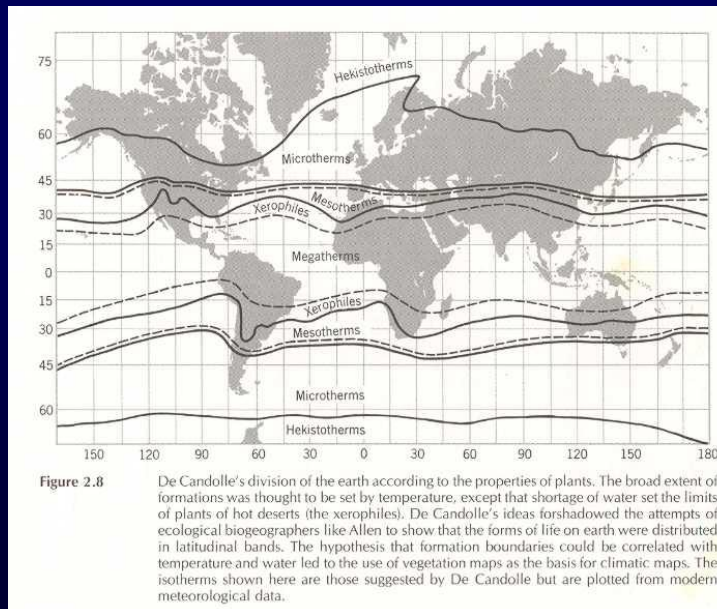
de Candolle (1778-1841)



Los organismos no solo son influenciados por las variables ambientales sino que estos compiten entre si por los recursos.

Aportes nuevos a la biogeografía de islas: influencia de la antigüedad, volcanismo, clima y aislamiento sobre la diversidad de organismos.

Uno de los primeros en enfatizar la importancia de las clasificaciones naturales de los organismos (**Filogenia**)



Se sabía

A principios del siglo XIX los primeros tres grandes temas de la biogeografía estaban bien establecidos:

1. identidad de las biotas regionales
2. su origen y alcance
3. factores responsables de las diferencias en el número y tipos de especies entre las biotas locales y regionales

No obstante los mecanismos generadores de esos patrones todavía eran desconocidos.

El principio de una nueva era



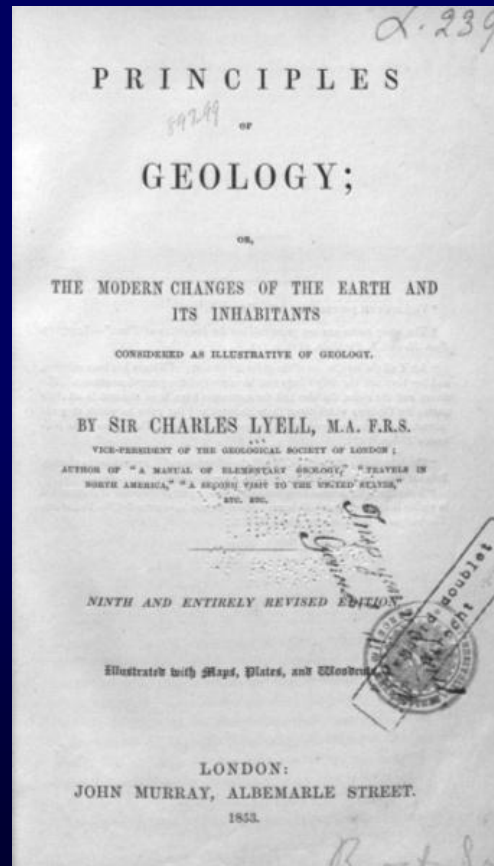
FACTOR CLAVE, EL CAMBIO EN LA IDEA DE UN MUNDO **ESTÁTICO** A UN MUNDO **DINÁMICO**.

- Ajuste en la estimación de la edad de la Tierra
- Mayor entendimiento de la naturaleza dinámica de los continentes y océanos
- Mayor entendimiento de los mecanismos involucrados en la dispersión y diversificación de las especies: dispersión, vicarianza, extinción y evolución.

Lyell (1797-1875)

- Cambios en los niveles del mar documentados; superficie de la Tierra transformada por el levantamiento y erosión de montañas (fósiles marinos a grandes altitudes)
- Evidencia de la extinción de formas de vida

Si este proceso era gradual entonces la Tierra tenía que ser mucho mas antigua de lo que se pensaba.



Principios de Geología (Lyell, 1830, 1833)

- Dinámica Geológica y Antigüedad de la Tierra
- Geografía de las plantas y animales terrestres y las algas marinas



Los naturalistas Británicos



Wallace

Teoría de la Selección Natural



Darwin

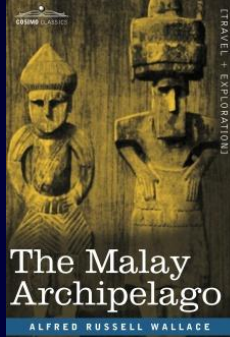


Sclater

Dividió el planeta en zonas biogeográficas naturales

La clave para entender el mundo natural era estudiar los patrones de distribución

Wallace: El archipiélago Malayo (1869) La distribución Geográfica de los Animales (1876) La vida de las Islas (1880)



Regiones zoogeográficas del mundo basadas en múltiples grupos de vertebrados

BOX 2.1 Biogeographic principles advocated by Alfred Russel Wallace

These conclusions are summarized from Wallace's writings and have been verified many times by researchers in the twentieth century.

- Distance by itself does not determine the degree of biogeographic affinity between two regions; widely separated areas may share many similar taxa at the generic or familial level whereas those very close may show marked differences—even anomalous patterns.
- Climate has a strong effect on the taxonomic similarity between two regions, but the relationship is not always linear.
- Prerequisites for determining biogeographic patterns are detailed knowledge of all distributions of organisms throughout the world, a true and natural classification of organisms, acceptance of the theory of evolution, detailed knowledge of extinct forms, and sufficient knowledge of the ocean floor and stratigraphy to reconstruct past geological connections between landmasses.
- The fossil record is positive evidence for past migrations of organisms.
- The present biota of an area is strongly influenced by the last series of geological and climatic events; paleoclimatic studies are very important for analyzing extant distribution patterns.
- Competition, predation, and other biotic factors play determining roles in the distribution, dispersal, and extinction of animals and plants.
- Discontinuous ranges may come about through extinction in intermediate areas or through the patchiness of habitats.
- Speciation may occur through geographic isolation of populations that subsequently become adapted to local climate and habitat.
- Disjunctions of genera show greater antiquity than those of single species, and so forth for higher taxonomic categories.
- Long-distance dispersal is not only possible but is also the probable means of colonization of distant islands across ocean barriers; some taxa have a greater capacity to cross such barriers than others.
- The distributions of organisms not adapted for long-distance dispersal are good evidence of past land connections.
- In the absence of predation and competition, organisms on isolated landmasses may survive and diversify.
- When two large landmasses are reunited after a long period of separation, extinctions may occur because many organisms will encounter new competitors.
- The processes acting today may not be at the same intensity as in the past.
- The islands of the world can be classified into three major biogeographic categories: continental islands recently set off from the mainland, continental islands that were separated from the mainland in relatively ancient times, and distant oceanic islands of volcanic and coralline origin. The biotas of each island type are intimately related to the island's origin.
- Studies of island biotas are important because the relationships among distribution, speciation, and adaptation are easier to see and comprehend on islands.
- To analyze the biota of any particular region one must determine the distributions of its organisms beyond that region as well as the distributions of their closest relatives.



SIGLO XX TEMPRANO

Avances en base al gran desarrollo de varias disciplinas:

Paleontología: cambios faunísticos en cada continente, sobre todo vertebrados terrestres. Nuevos grupos aumentan en número de especies, radian cubriendo nuevos nichos ecológicos, expanden sus rangos geográficos, y dominan o contribuyen a la extinción de formas más antiguas.

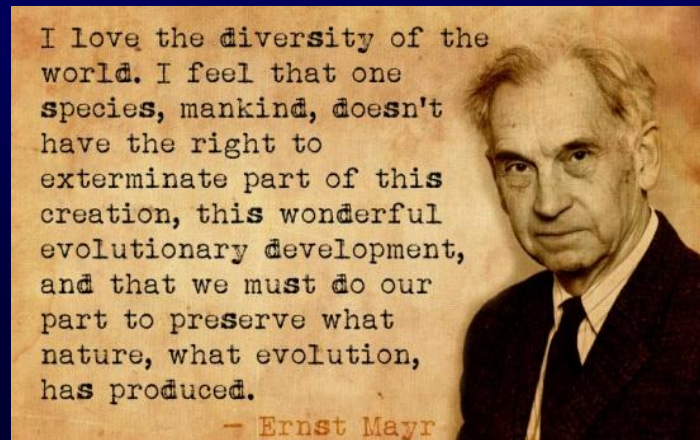
Las faunas actuales han tenido historias largas y complejas que solo pueden ser entendidas dilucidando sus Filogenias.

Centros de Origen

Variación geográfica dentro de las especies y especiación

Mayr (1942, 1963)

Especiación Alopátrica



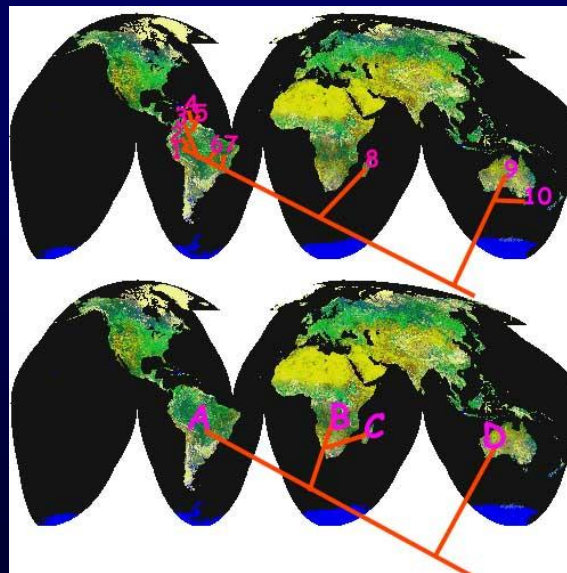
Croizat (1964):

Papel primordial del espacio en los estudios evolutivos.

Panbiogeografía: las barreas geográficas evolucionan junto con las Biotas.

Alternativa a la biogeografía dispersalista: **la vicarianza**

Nelson y Platnick (1981): Biogeografía Cladista “Sistemática y Biogeografía: Cladística y Vicarianza”



Cuatro aportes principales revitalizaron la biogeografía en la segunda mitad del siglo XX:

- La aceptación de la **Tectónica de Placas** (Wegener 1912, 1915, 1966; Taylor 1910): Revolución en la Biogeografía
- El desarrollo de los **métodos filogenéticos** (Hennig, 1966): diversificación de un linaje es reconstruida y las relaciones evolutivas entre las especies es cuantificada.
- El desarrollo de la **biogeografía Ecológica** (Hutchinson). Énfasis en cómo las relaciones entre los organismos condicionan sus distribuciones y su coexistencia en las comunidades ecológicas (competencia, predación, mutualismo);
- **Biogeografía de Islas** (MacArthur, Wilson): inmigración y extinción.

Avances tecnológicos: computación, imagen satelital, GIS, estadística espacial

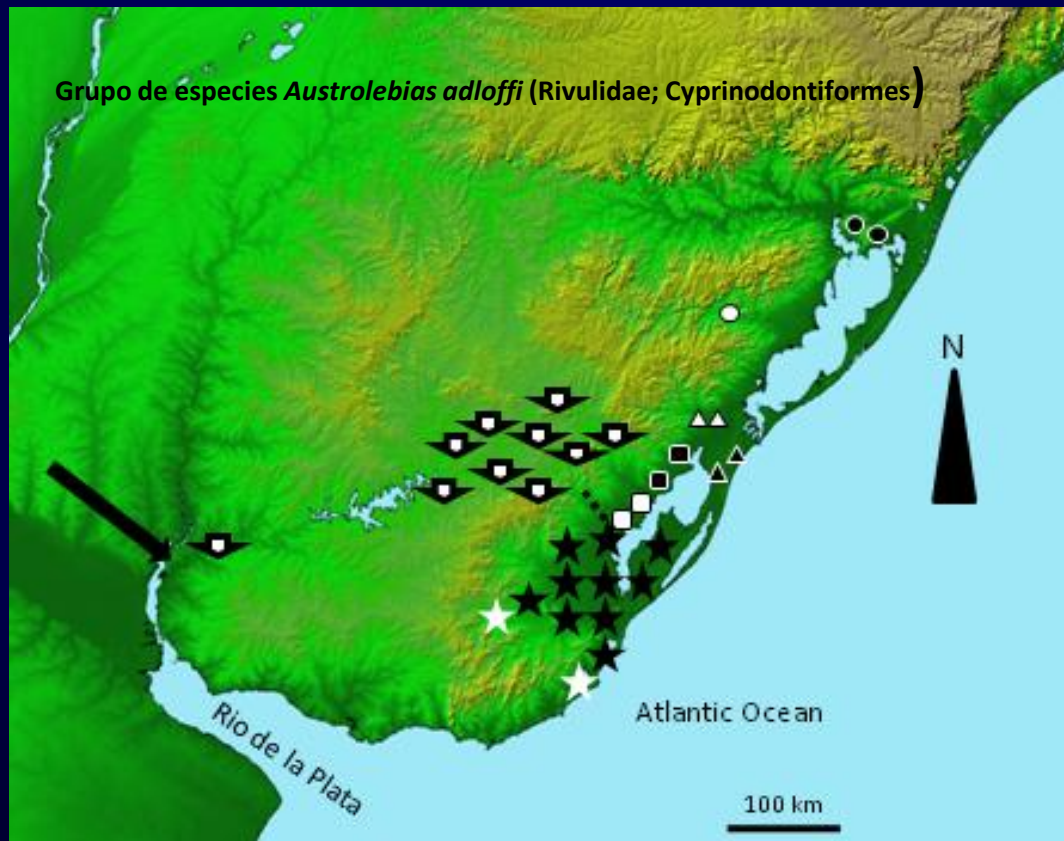
II. Conceptos Clave en Biogeografía

Biogeografía: pretende documentar y entender los patrones espaciales de la diversidad biológica a través del tiempo

Tradicionalmente: estudio de las **distribuciones** de los **organismos** (modernamente desde **genes** hasta las **comunidades** y los **ecosistemas**); elementos de la diversidad biológica que varían a lo largo de gradientes: área, aislamiento, latitud, profundidad, altitud, etc.

Estos gradientes no solamente afectan la presencia o ausencia de las especies, también la variación morfológica, fisiológica y comportamental intraespecífica y la diversidad de las comunidades

¿Que determina la distribución de una población, especie o grupo de organismos?



Distribución de las Poblaciones (Bases Ecológicas)

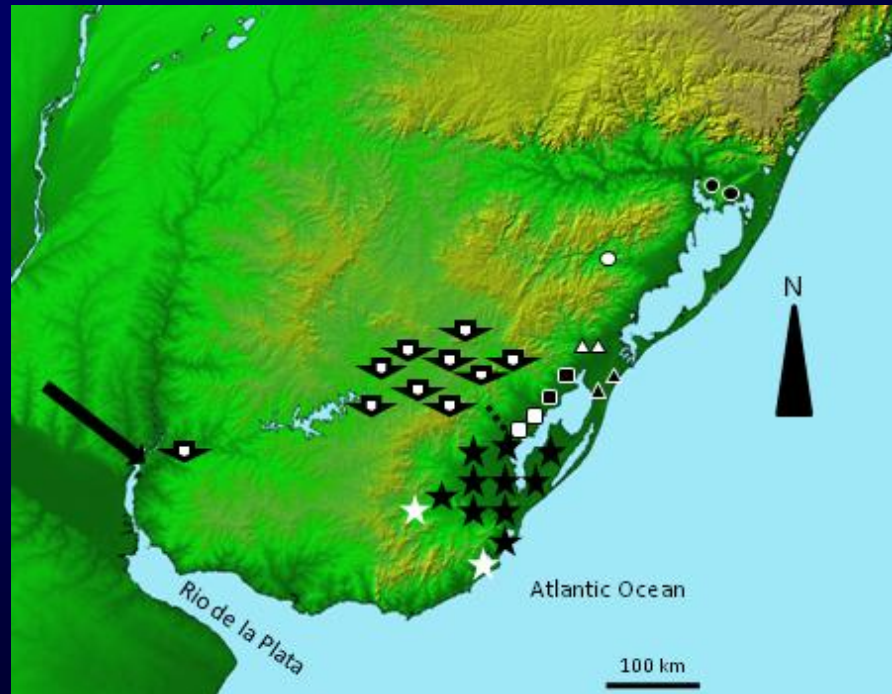
El tamaño del rango, la ubicación de sus límites y los cambios en los patrones de abundancia dentro de esos límites reflejan la influencia de las condiciones ambientales en:

Supervivencia (individuos)

Reproducción (individuos)

Dispersión (individuos)

Dinámica de las poblaciones



Malthus (1798): todos los organismos tienen el potencial de aumentar su número exponencialmente.

$$r = b(\text{irth}) + i(\text{mmigration}) - d(\text{eath}) - e(\text{mmigration})$$

Dados recursos ilimitados y condiciones ambientales favorables una población crecerá continua y exponencialmente:

$$dN/dt = rN$$

Tasa de cambio en el número de individuos (N) con respecto al tiempo (t)

Concepto multidimensional de nicho de Hutchinson (1957)

Conceptualización de cómo las condiciones ambientales limitan la abundancia y distribución de los organismos.

Ambiente de una especie: Espacio multidimensional o “hipervolumen” en el cual diferentes ejes o dimensiones representan diferentes variables ambientales.

El nicho de una especie representa la combinación de estas variables, que permiten a los individuos sobrevivir y reproducirse y a las poblaciones mantener (o aumentar) sus números.

Rango Geográfico puede ser visto entonces como el reflejo espacial del nicho.

Factores Físicos

Variables simples: Temperatura (media, máx., mín.), Disponibilidad de agua, etc.

Interacción entre variables

Disturbios: Intensidad y Frecuencia

Factores Biológicos

Interacciones con otros organismos:

- Competencia
- Depredación
- Mutualismo

Influencia del espacio y la conectividad en la distribución de los organismos:

Biogeografía de Islas

Modelo de equilibrio (MacArthur & Wilson 1967): importancia de la **inmigración** (función de la distancia) y la **extinción** (función del área)

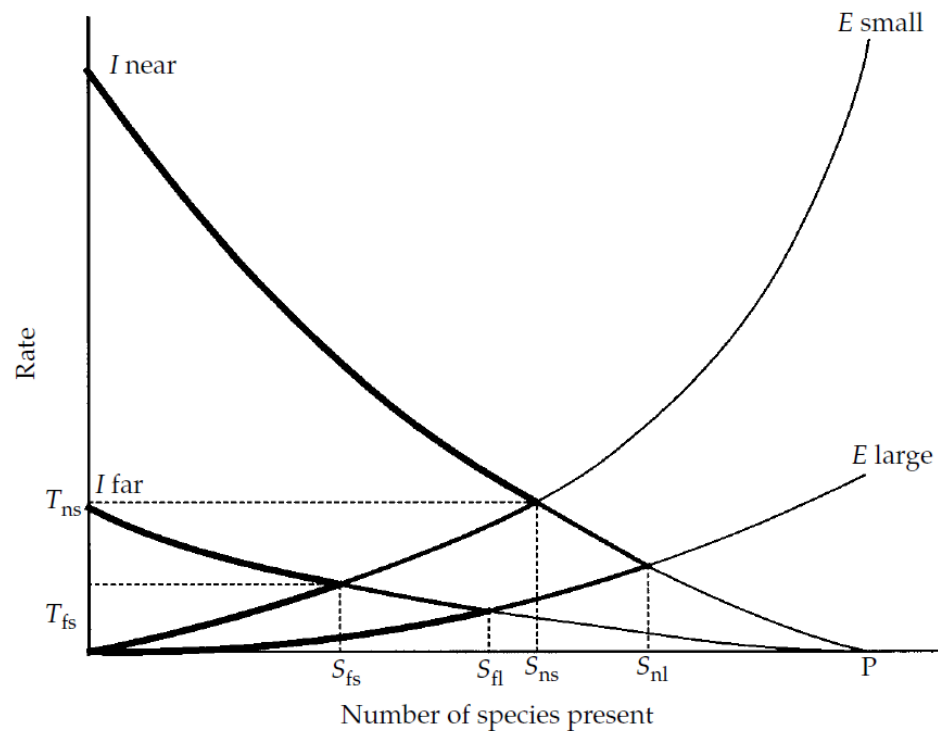


Figure 4.1 A version of MacArthur and Wilson's (1963, 1967) equilibrium model of island biogeography (EMIB), showing how immigration rates are postulated to vary as a function of distance, and extinction rate as a function of island area. The model predicts different values for S (species number), which can be read off the ordinate and for turnover rate (T) (i.e. I or E , as they are identical). Each combination of island area and isolation should produce a unique combination of S and T . To prevent clutter, only two values for T are shown.

La distribución ha sido influenciada por las respuestas de los individuos, poblaciones y especies a las condiciones ambientales durante toda su historia evolutiva.

Biogeografía Ecológica  Biogeografía Histórica

Procesos Biogeográficos fundamentales

Evolución: especiación, adaptación (o no) y extinción

Dispersión: emigración e inmigración

Todos los patrones biogeográficos que estudiamos se derivan de los efectos de estos procesos.

Dispersión: Movimiento de los organismos desde su lugar de nacimiento a nuevos sitios. Proceso ecológico que es un aspecto adaptativo de la historia de vida de las especies.

Favorecida por la competencia intraespecífica y posibles cambios en el hábitat natal y frenada por relación inversa entre distancia y hábitat favorable.

La distribución de cada organismo refleja una historia de origen local, **dispersión y extinción** local que se extiende hasta el origen mismo de la vida.

Proceso infrecuente a gran escala pero a su vez importante cuando ocurre:
difícil de estudiar.

Para ello debe ser visto como un proceso histórico cuya naturaleza y cronología deben ser analizados a partir de evidencias indirectas como por ejemplo la distribución de formas vivientes y fósiles.

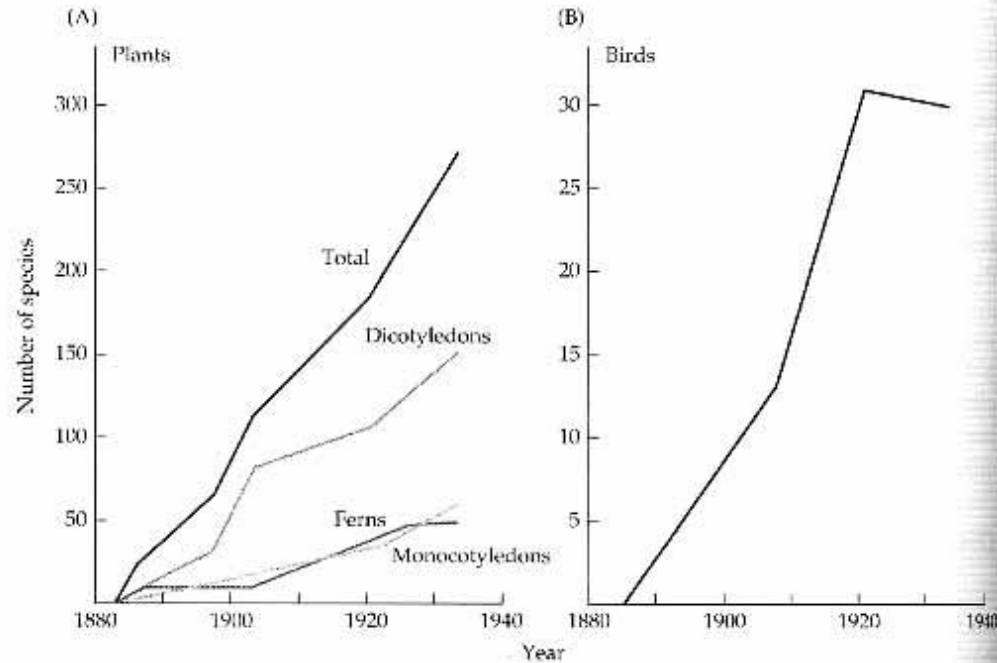
Para poder expandir su rango una especie debe ser capaz de:

1. Moverse a una nueva área
2. Soportar condiciones potencialmente desfavorables durante el pasaje
3. Establecer una población viable a su arribo

Generalmente se distinguen tres tipos de eventos dispersivos:

1. **Dispersión por "salto"**: Dispersión a grandes distancias (relativo al tamaño) y realizada por individuos. Ej: Islas.

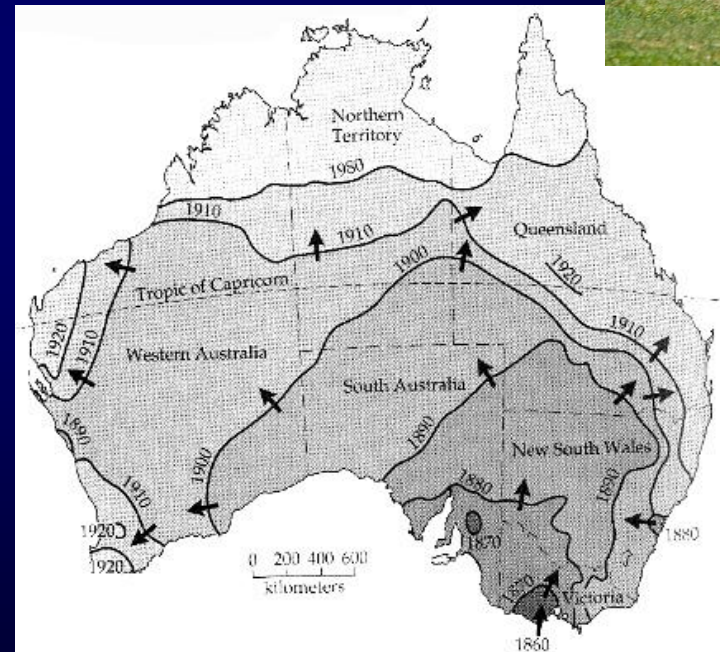
FIGURE 6.1 Rapid recolonization of the Krakatau Islands by (A) plants of the three Krakatau Islands of Panjang, Rakata, and Sertung ("Verlaten"); and (B) birds of Rakata, after all life on the island was destroyed by a volcanic eruption in 1883. Several biological surveys recorded the arrival of colonizing species, which probably traveled across at least 40 km of ocean. (After MacArthur and Wilson 1967; see also Whittaker 1998.)



2. **Difusión: gradual (en el tiempo):** involucra poblaciones enteras; muchas veces esta sigue a la anterior. Ej: *Bubulcus ibis* (garza bueyera, izquierda), *Oryctolagus cuniculus* (conejo, derecha).

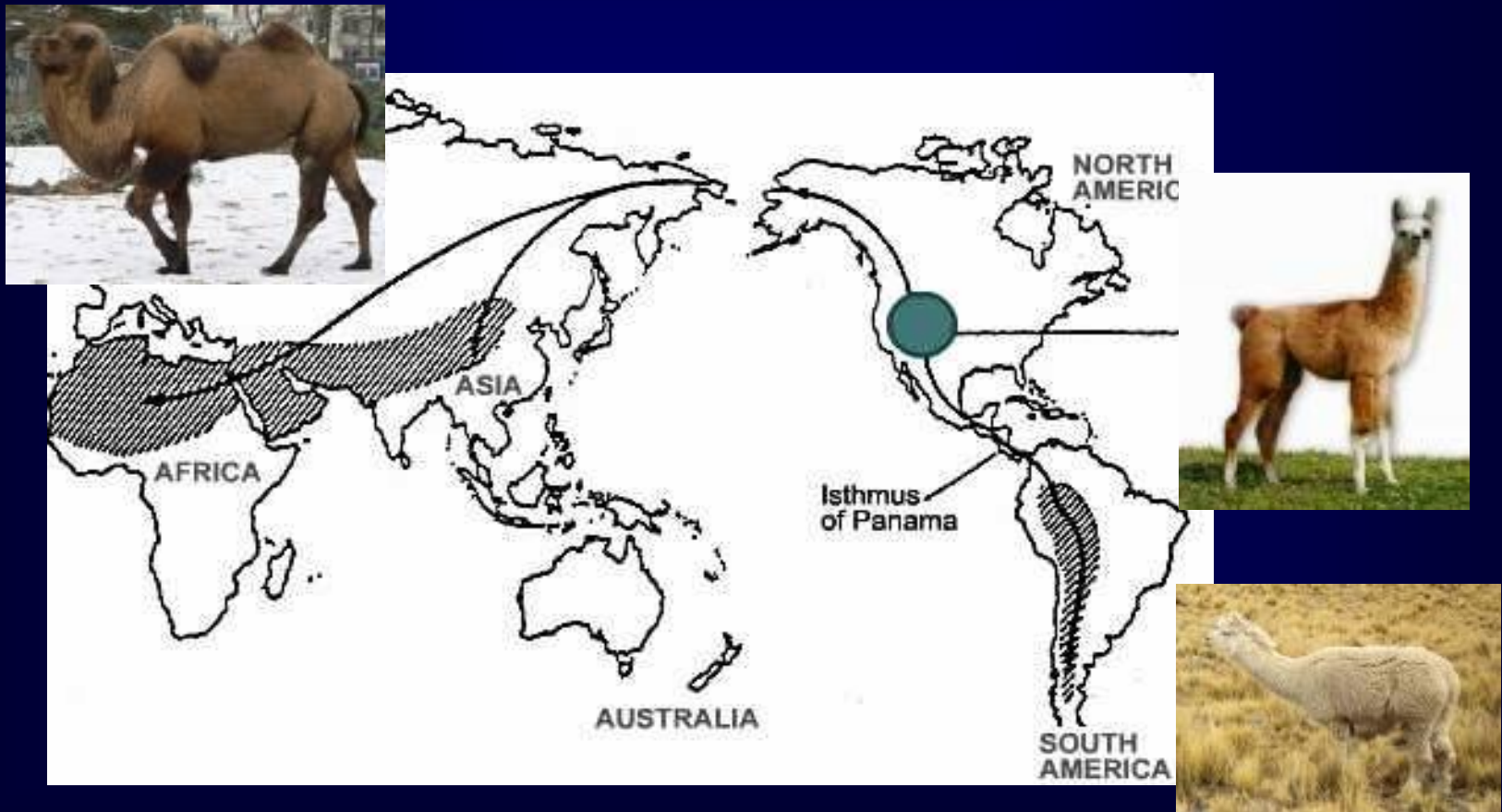
Tres etapas:

1. Inicialmente muy lenta (número y tamaño del propágulo)
2. Expansión exponencial (una vez instalada)
3. Enlentecimiento



3. **Migración secular:** la más lenta, a lo largo de cientos de generaciones, lo que da a las especies la oportunidad de evolucionar en el camino.

Ej: camélidos expandiéndose a través de Norte América, América Central (Plioceno) y dejando nuevos taxa residentes en Sudamérica (guanaco, vicuña, etc.)



Evolución: Diferenciación Poblacional, Especiación y Adaptación

Cambios genéticos entre poblaciones:

- Mutación
- Deriva Genética
- Selección Natural
- Flujo Génico

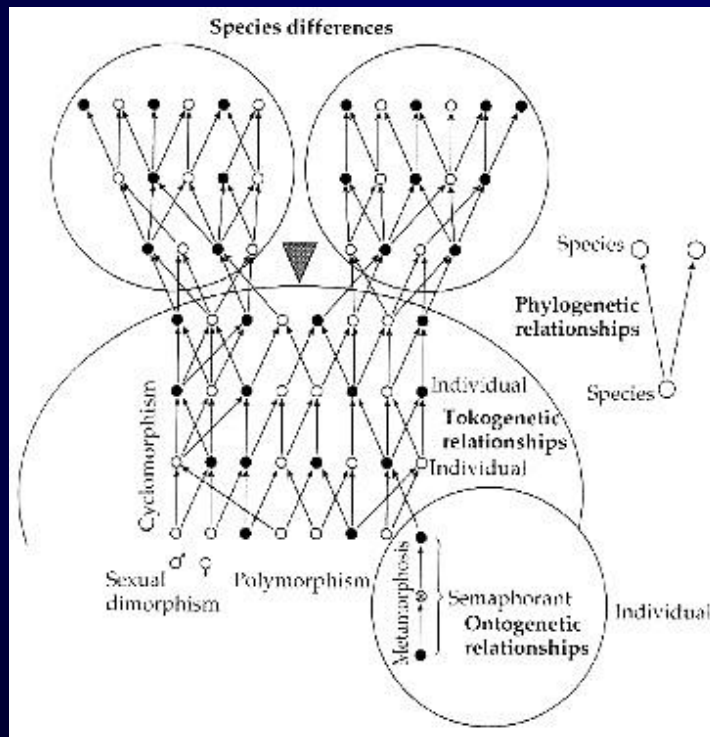
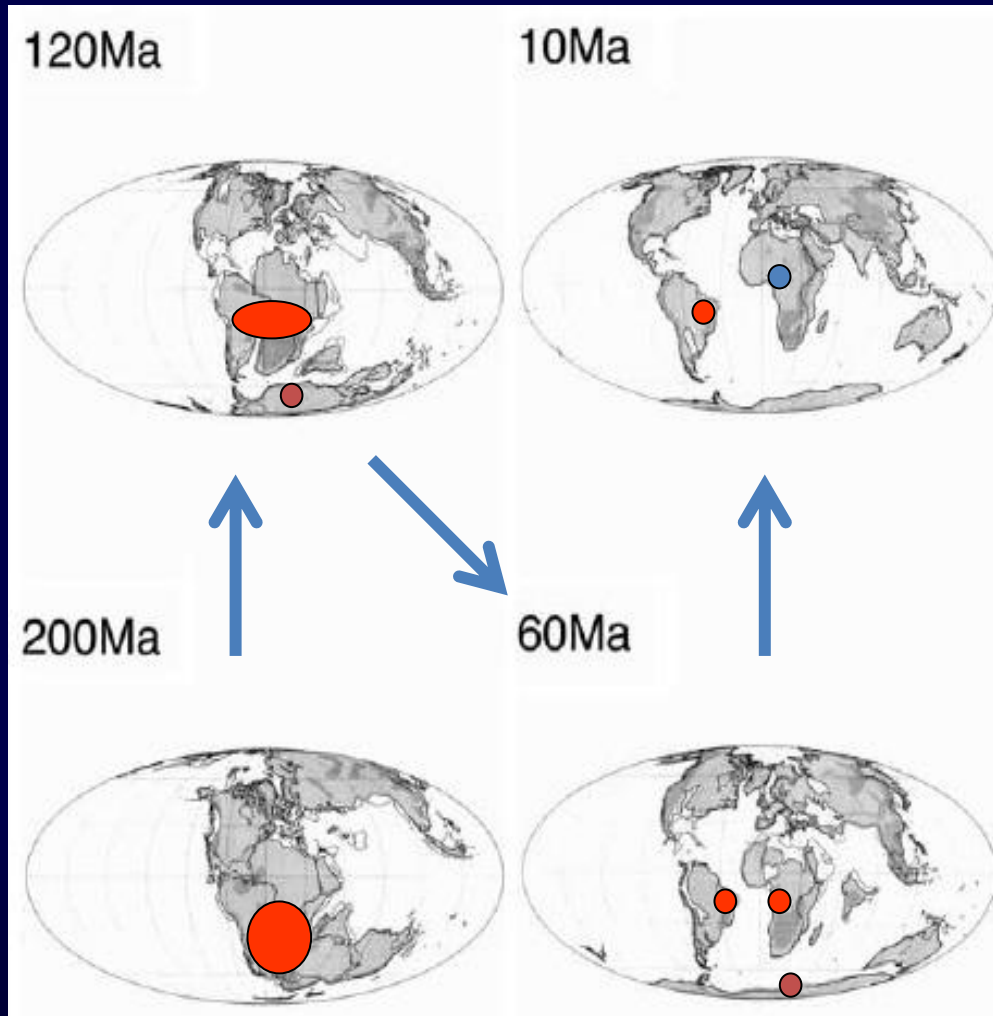


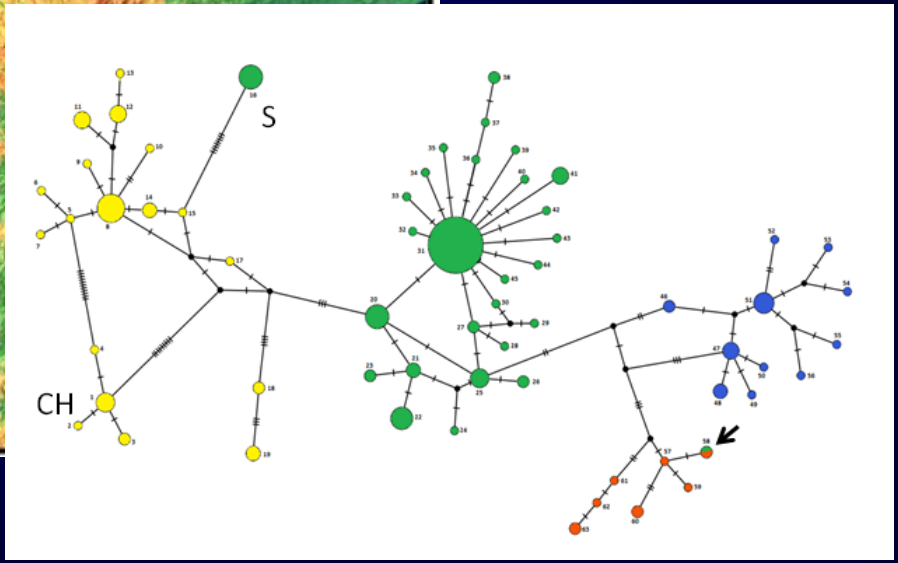
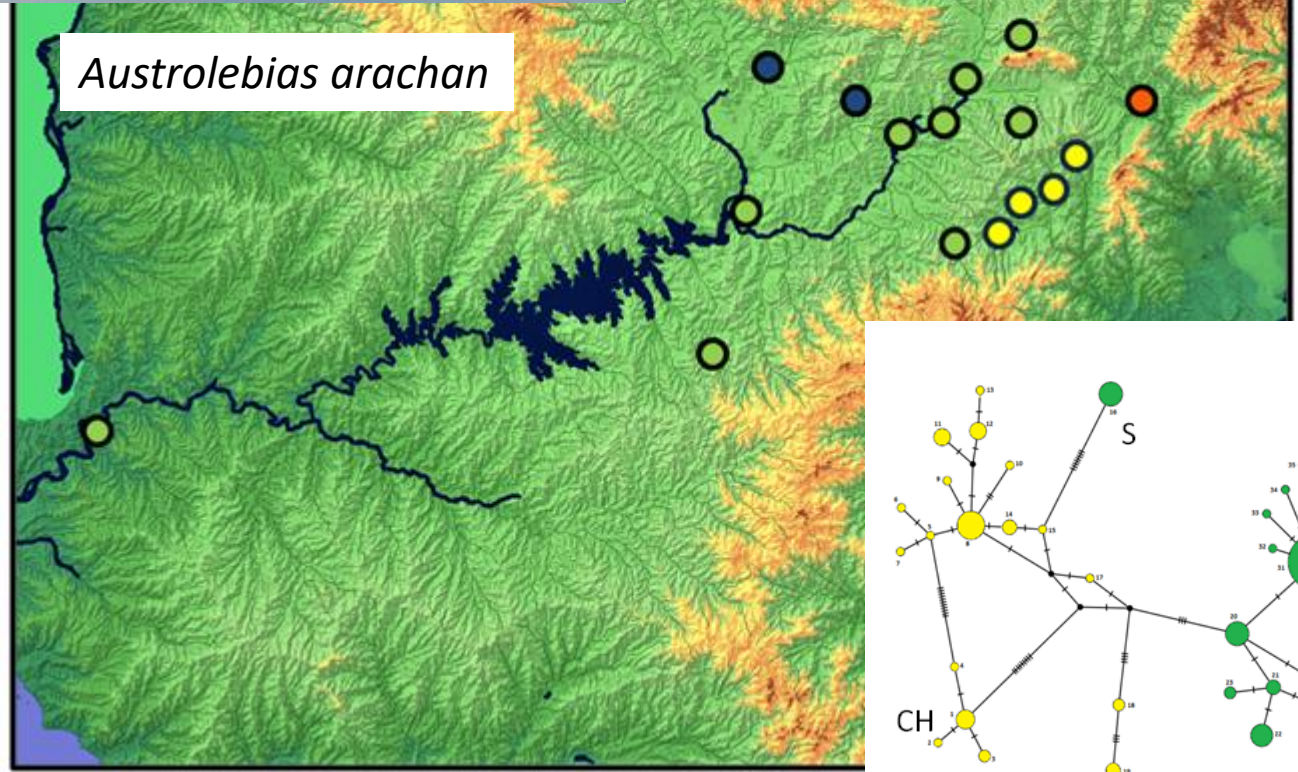
FIGURE 7.2 Hennig's original depiction of the demarcation between *ontogenetic* (within individuals of a sexual species), *tokogenetic* (among individuals within a sexual species), and *phylogenetic* (between different species) relationships. (After Hennig 1966.)

Diferenciación y Especiación Alopátrica = Aislamiento geográfico

Modo I: Vicarianza



Modo II: Aislados Periféricos y Eventos Fundadores



III. Patrones geográficos fundamentales (Biogeografía Histórica)

Endemismos y Provincialismos

La característica más conspicua de las distribuciones geográficas es el hecho de las mismas tienen límites. Ninguna especie es completamente cosmopolita y la mayoría de las especies y géneros, incluso familias y ordenes están confinados a regiones restringidas (ej.: continente, océano).

El término **Endémico** significa ocurrir en un lugar geográfico y en ningún otro (término relativo). Los endemismos no están distribuidos azarosamente, sino que tienden a concentrarse en determinadas regiones.

Estas distribuciones coincidentes de los endemismos no necesariamente coinciden precisamente con las barreras actuales de continentes y océanos; más aún con características abióticas y bióticas obvias de los ambientes.

Los **endemismos** se generan por tres razones diferentes:

1. Origen en un lugar y sin dispersión posterior
2. Rango completo desplazado de lugar posteriormente al origen
3. Relicto

Un área geográfica que contiene dos o más taxa endémicos no emparentados se define como un **área de endemismo** (Historia de las áreas, conservación)

Por el contrario existen pocos taxa completamente **cosmopolitas**: *Homo sapiens* y colgados, *Falco peregrinus*, *Senecio*, *Vespertilionidae* (murciélagos). También algunos marinos como algunas especies de Cetáceos e Invertebrados; familias de plantas acuáticas de agua dulce (*Azolia*, *Salvinia*, *Marsilea*, *Myriophyllum*, etc.); algunos zooplanctontes como *Daphnia*, Rotíferos y Tardígrados.

Todos caracterizados por y por?

Provincialismo

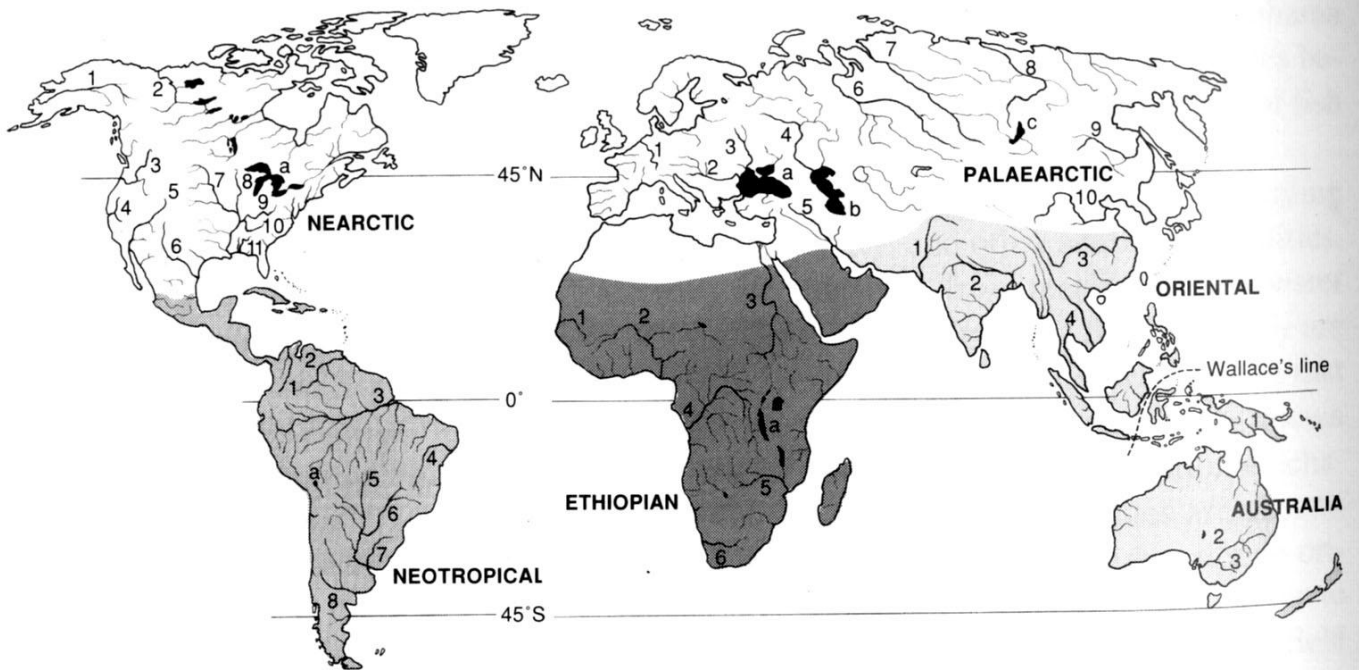
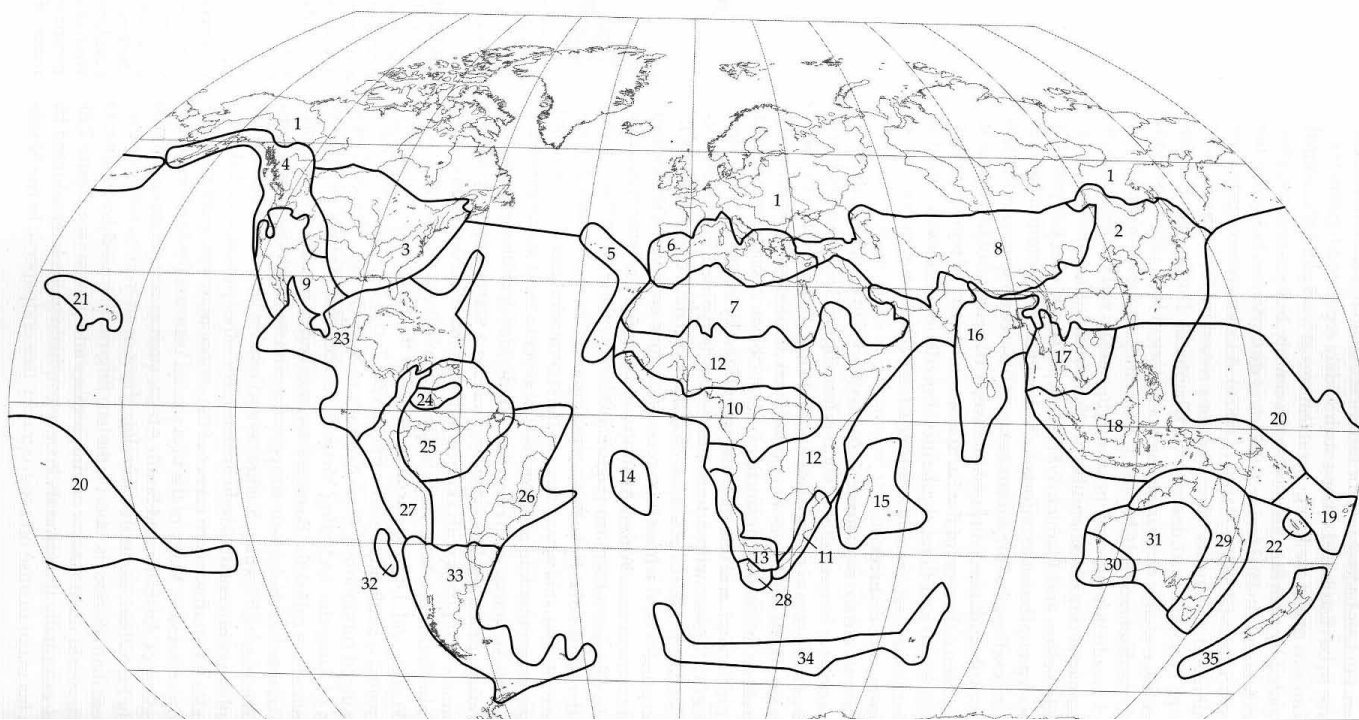
Las áreas de endemismo tienen distribución agrupada.

Tres patrones:

1. Las especies más emparentadas tienden a tener rangos solapados o adyacentes en áreas restringidas.
2. Taxa superiores completamente no relacionados generalmente muestran patrones de endemismos similares.
3. Un número pequeño pero significativo tienen rangos marcadamente **disjuntos**, con especies viviendo en áreas ampliamente separadas.

1 y 2 han hecho posible la identificación y delimitación de regiones que comparten biotas taxonómicamente distintivas comunes. Como resultado de esto la Tierra se ha dividido en regiones jerárquicas que reflejan patrones de similitud taxonómica.

Regiones: Subregiones: Provincias: Distritos



Disyunciones

Distribuciones en las cuales organismos cercanamente relacionados viven en áreas separadas. Estas revelan eventos pasados: dispersión, vicarianza, remanentes de distribuciones amplias antiguas.

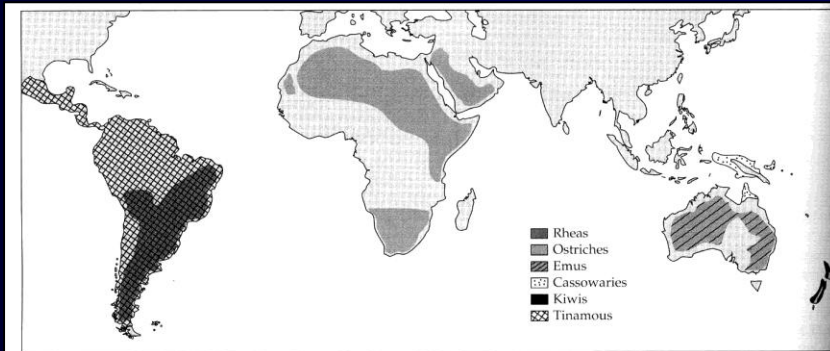


FIGURE 10.24 The disjunct distribution of the surviving members of the bird lineage that includes the tinamous and flightless ratites: ostriches, emus, cassowaries, kiwis, and rheas. The current widely disjunct distribution of this group reflects their original occurrence on Gondwanaland and their subsequent isolation as the ancient southern continent fragmented and drifted apart. Additional evidence of the historical Gondwanan distribution of this group comes from fossils of extinct giant flightless moas on New Zealand, and elephant birds on Madagascar.

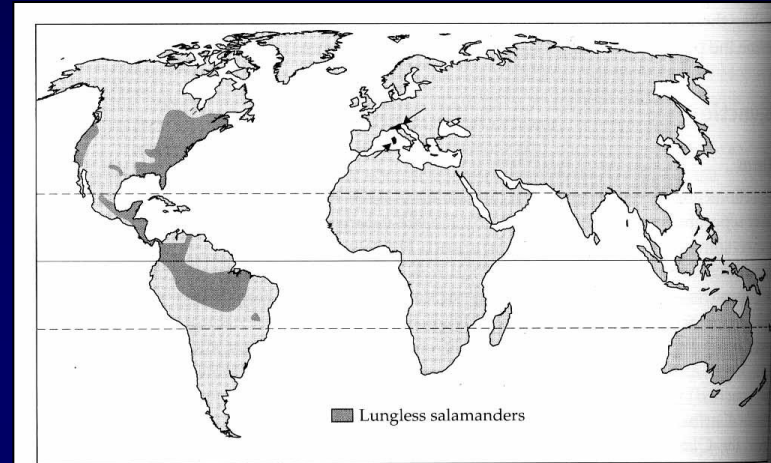


FIGURE 10.25 The disjunct distribution of lungless salamanders (Plethodontidae). Note that this ancient group has many isolated relicts in North America, and even one in the Mediterranean region of France, Italy, and Sardinia. (After Wake 1966.)



© John White

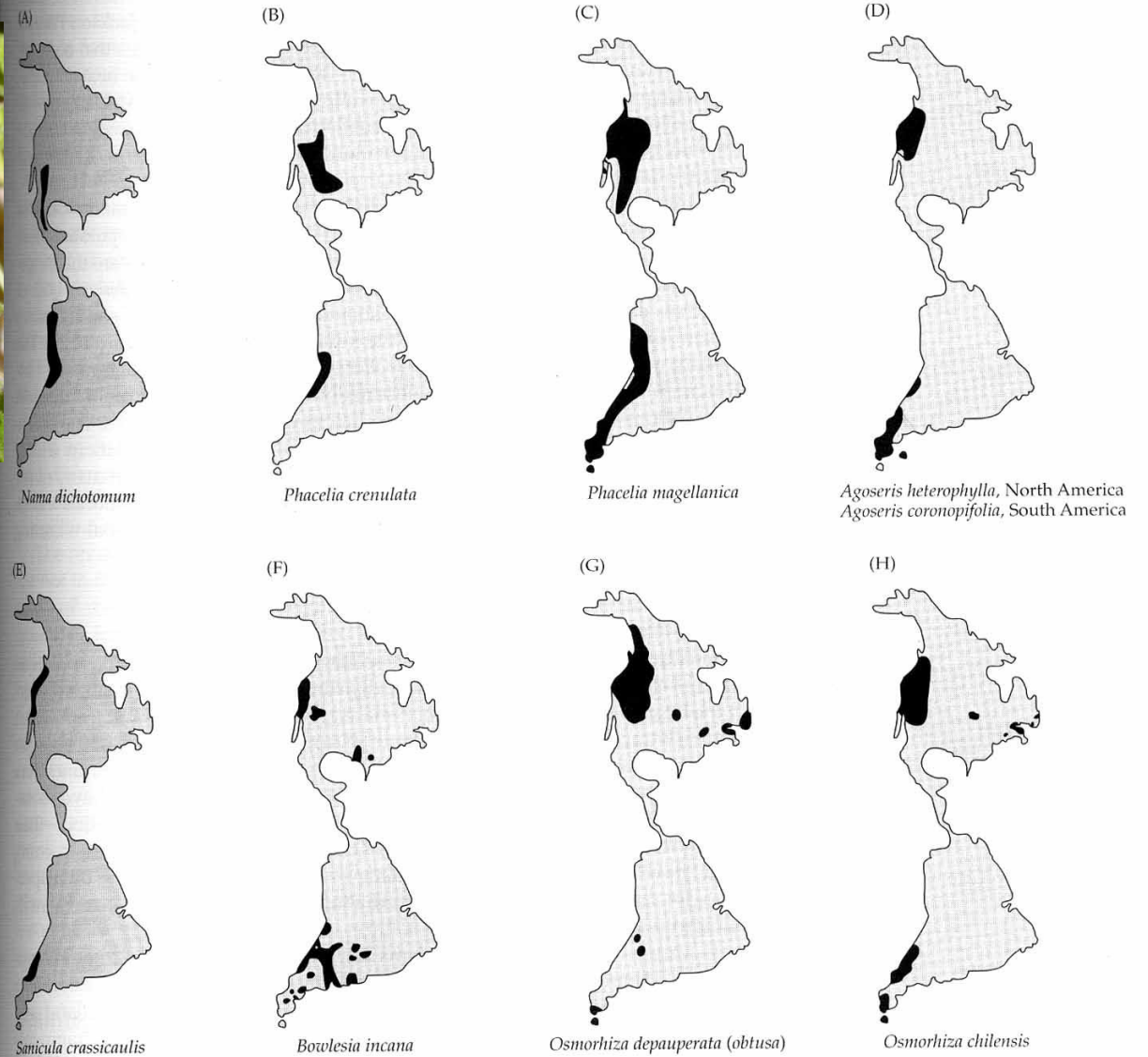
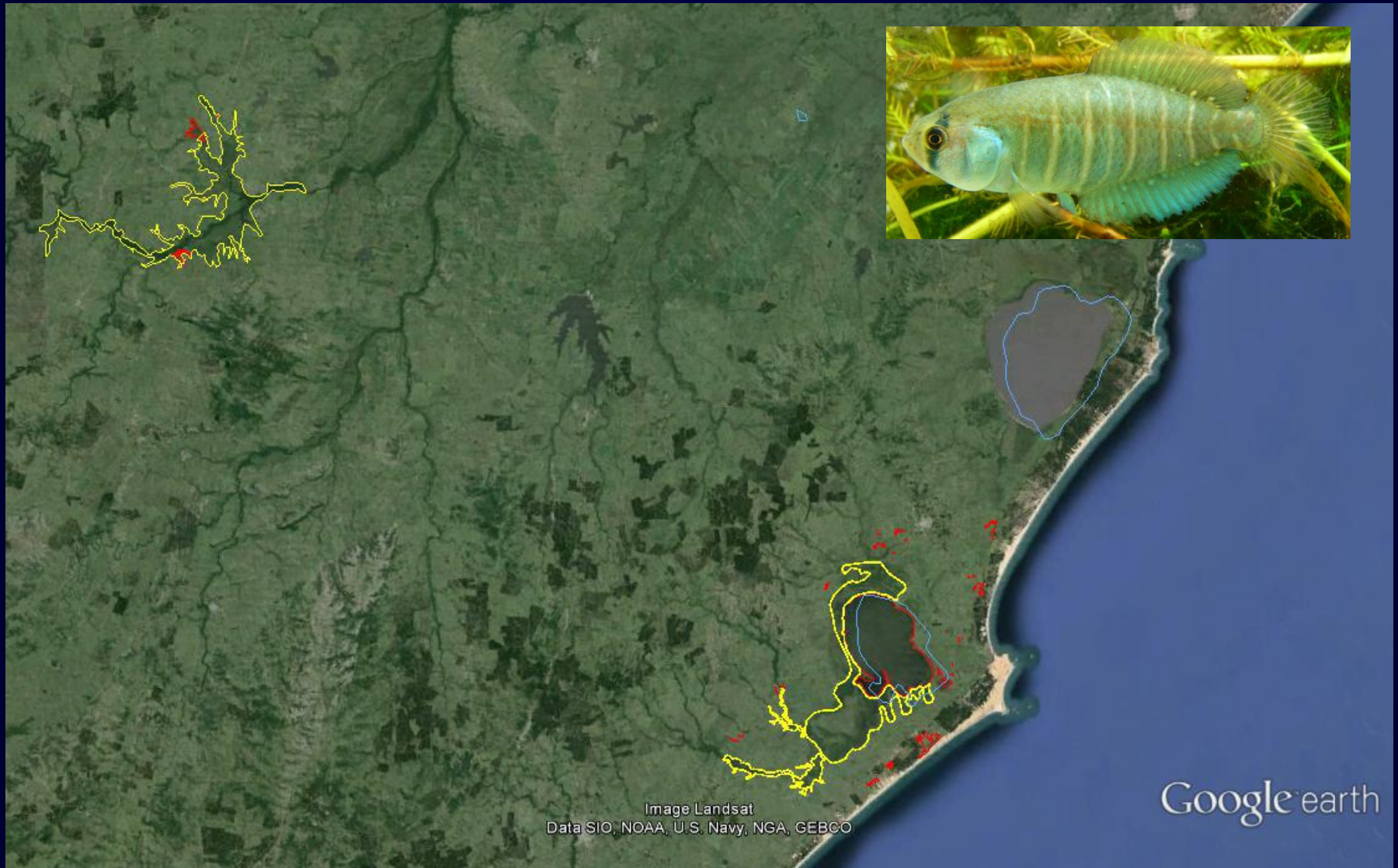


FIGURE 10.26 Examples of amphitropical, disjunct distributions of plant species in North and South America. These examples represent only a small fraction of the disjunct distributions of closely related plant species, mostly in arid regions, on the two continents. These disjunct distributions raise interesting questions about the historical, geological, and climatic events that have allowed these plants to disperse across the tropics.

Austrolebias viarius: cuenca Laguna Castillos y cuenca media Río Cebollatí



IV. La región Neotropical: el ejemplo de los peces de agua dulce

**The World's Zoogeographical
Regions Confirmed by Cross-Taxon
Analyses**

260 *BioScience* • March 2012 / Vol. 62 No. 3

SERBAN PROCEȘ AND SYD RAMDHANI

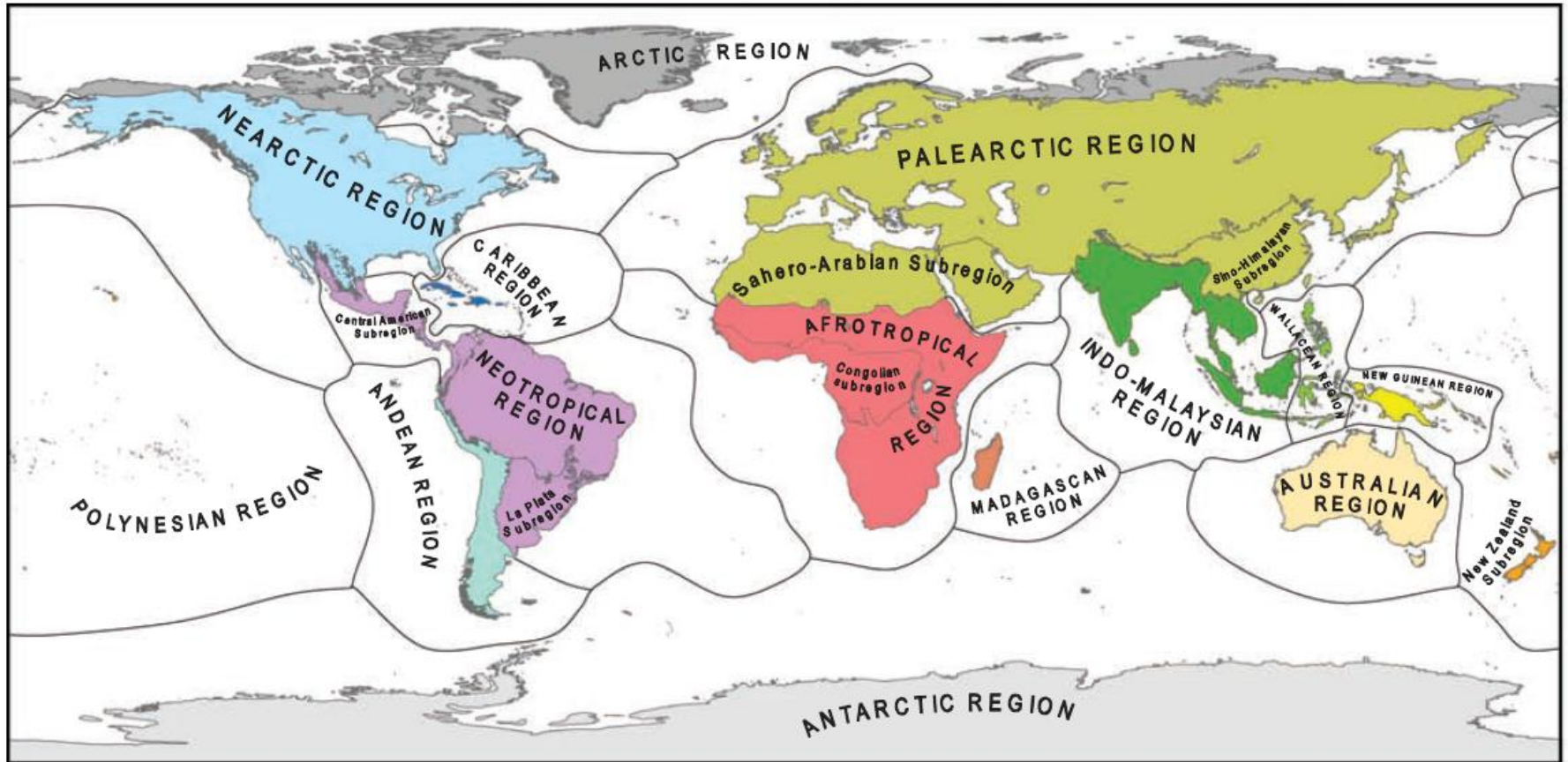


Figure 2. Vertebrate zoogeographical regions and subregions as derived from the four analyses presented in figure 1 (see the text for details).

Región Neotropical: una de las mayores concentraciones de diversidad orgánica del planeta: plantas vasculares, macrófitas acuáticas, insectos, anuros, aves, mamíferos y peces.

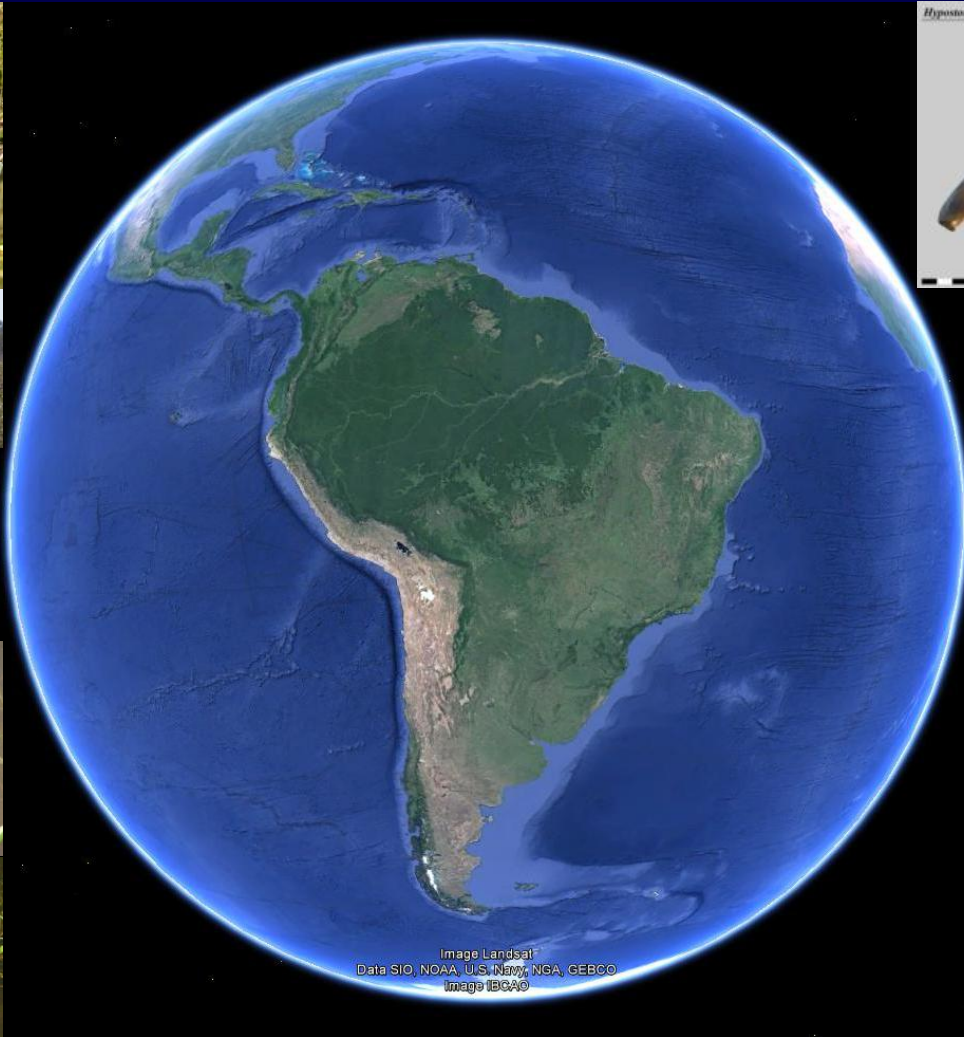


Image Landsat
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image IBCAO

- 5600 especies de peces: 10% de todos los vertebrados, 20% del total de las especies de peces del mundo. 43 familias endémicas.

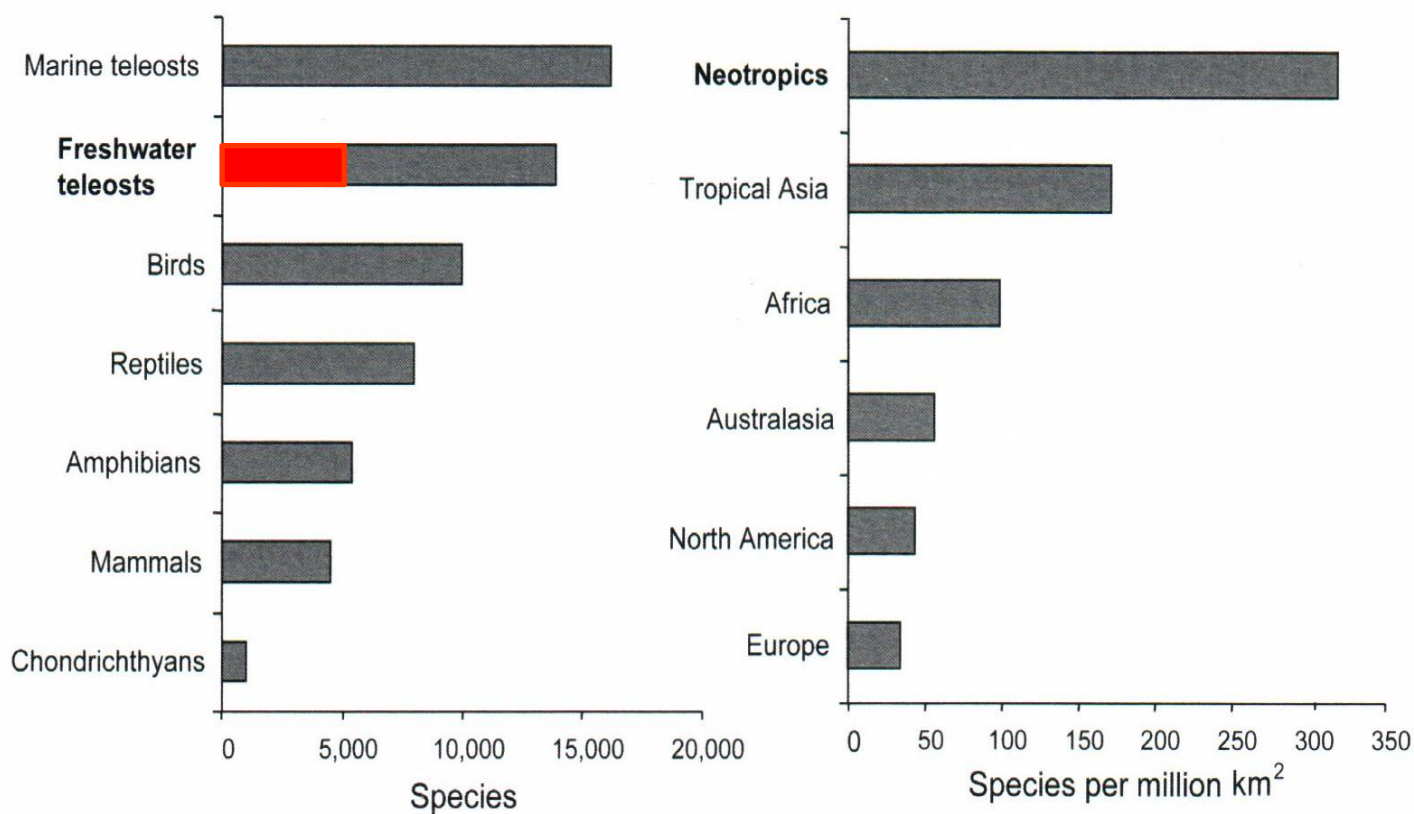
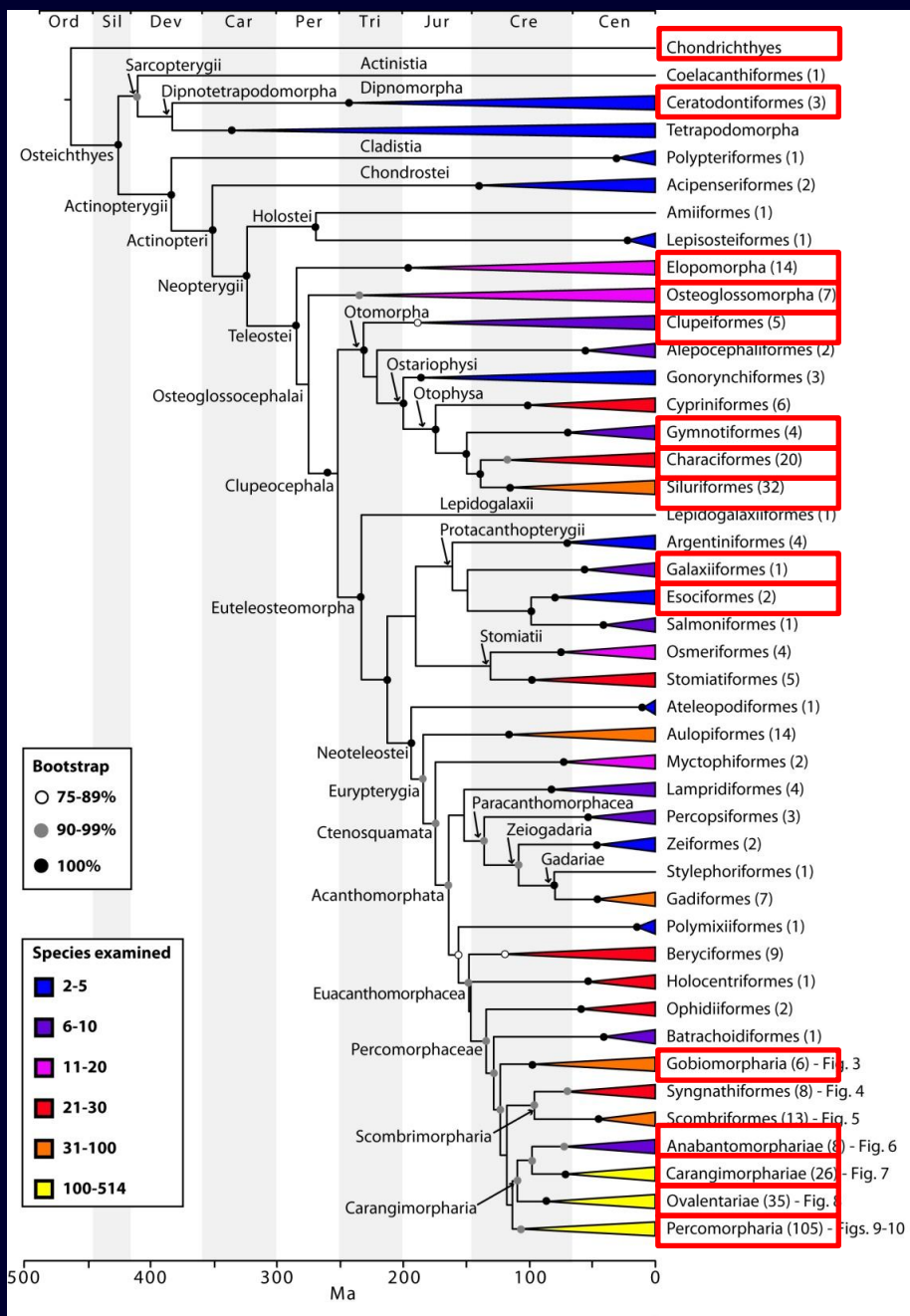


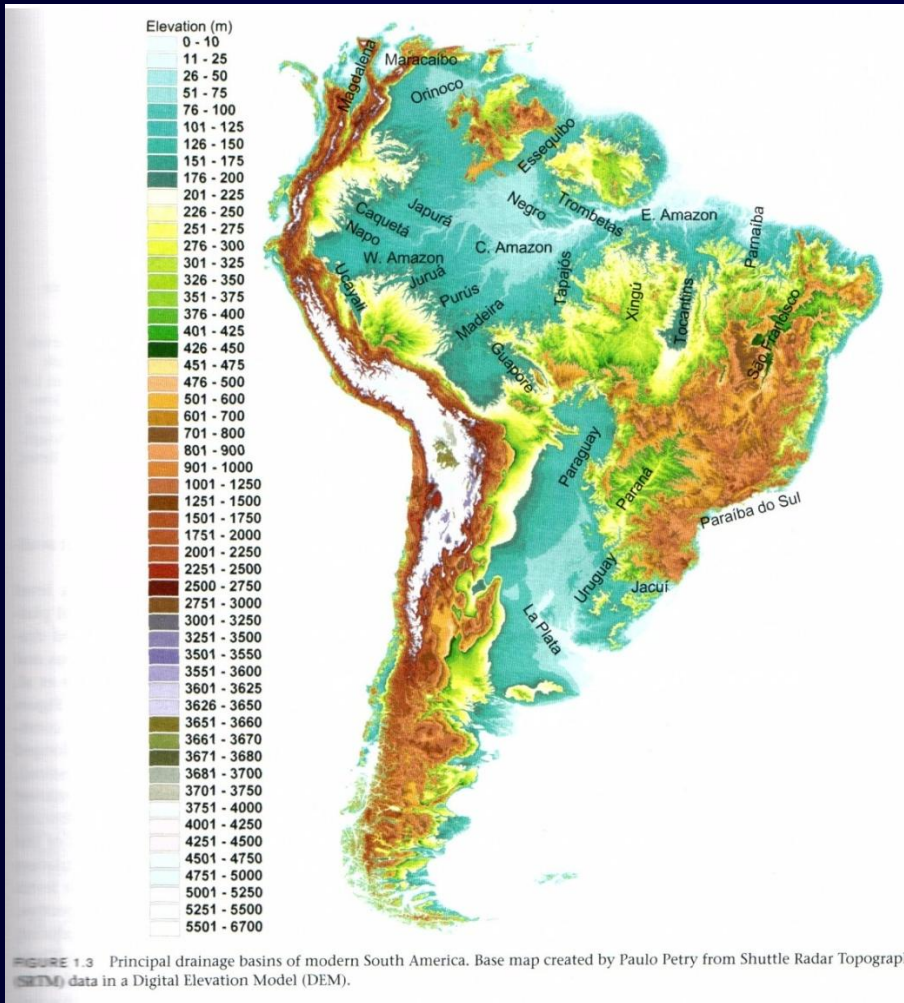
FIGURE 1.1 Species richness of Neotropical freshwater fishes among the vertebrates. *Left:* Comparisons with other major vertebrate groups. Note that many of these groups are not monophyletic. *Right:* Comparisons with freshwater fish faunas of other global biogeographic regions. Diversity estimates as species per million km².



- Characiformes (13) y Siluriformes (14) los dominantes.
- Cyprinodontiformes y Cichliformes siguen en diversidad.
- Gymnotiformes endémicos de esta Región.
- También característicos algunos grupos derivados de ancestros marinos: Potamotrygonidae, Anablepidae y Atherinopsidae.
- Grupos relictuales muy antiguos: Sarcopterygii-Lepidosirenidae, Teleostei-Osteoglossidae.



Porqué tantas especies?



Cuenca del Amazonas:

7 millones de km²

175mil m³/sec.

20% del agua dulce vertida al O. Atlántico.

Además:

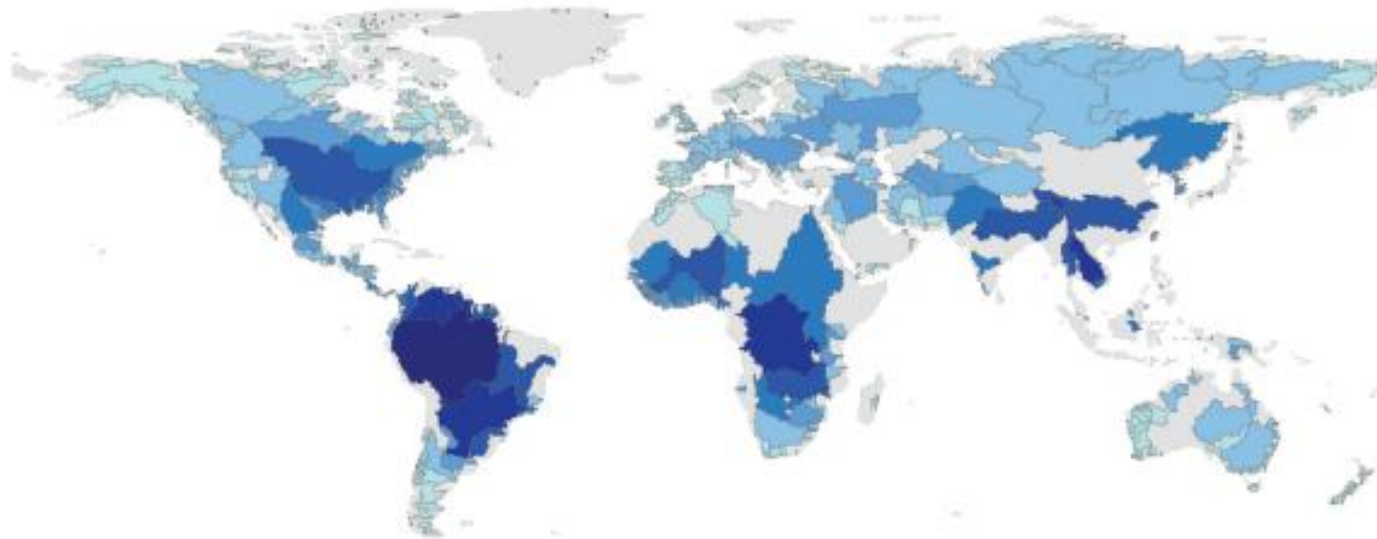
- Paraná: 5ta en extensión en el planeta
- Casiquire: conexión Amazonas-Orinoco
- Titicaca: Lago endoreico
- Magdalena: trasandina
- Cuencas costeras Atlánticas

Porqué tantas especies?

Research Article

Global and Regional Patterns in Riverine Fish Species Richness: A Review

Thierry Oberdorff,¹ Pablo A. Tedesco,¹ Bernard Hugueny,¹ Fabien Leprieur,²
Olivier Beauchard,³ Sébastien Brosse,⁴ and Hans H. Dürr⁵



Total species richness



FIGURE 1: Global freshwater fish species richness patterns at the drainage basin grain.

Porqué tantas especies?

Factores Históricos:

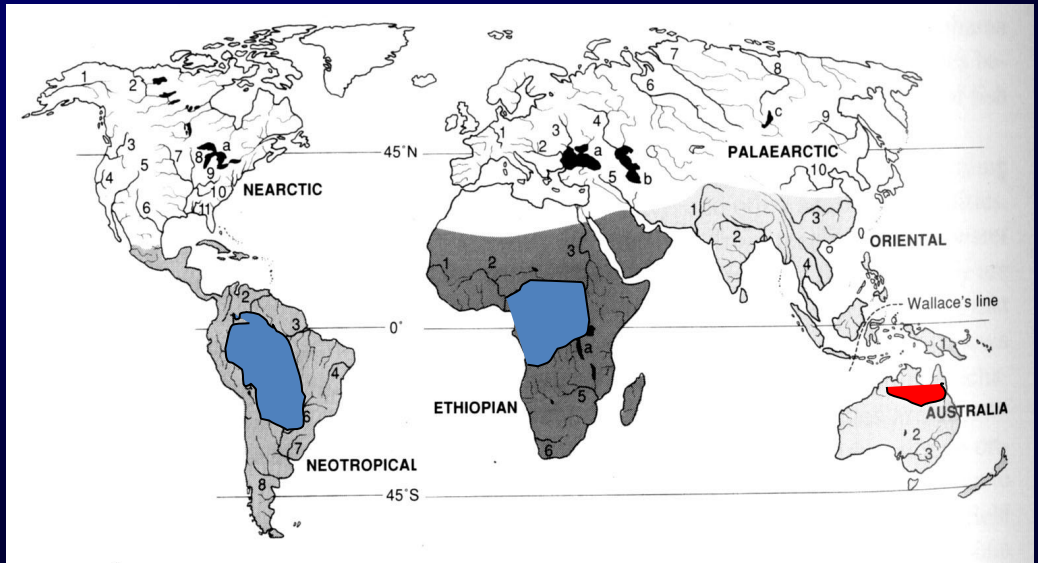
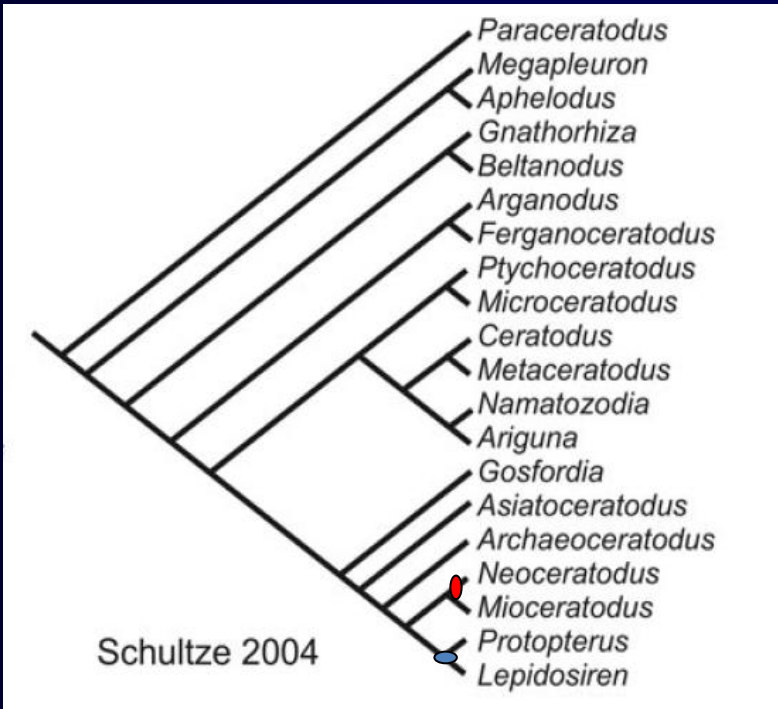
- Aislamiento creciente de Africa
- **Formación de los Andes**: La mayor fuerza activa formadora de patrones de drenaje.
- Unión con Centroamérica
- Escudos
- Arcos estructurales (barreras subsuperficiales)
- Cambios Climáticos y Cambios en los niveles del mar

Afinidades de la Ictiofauna Neotropical con otras Grandes Áreas de Endemismo

Clase Sarcopterygii; Orden Ceratodontiformes; Familia Lepidosirenidae

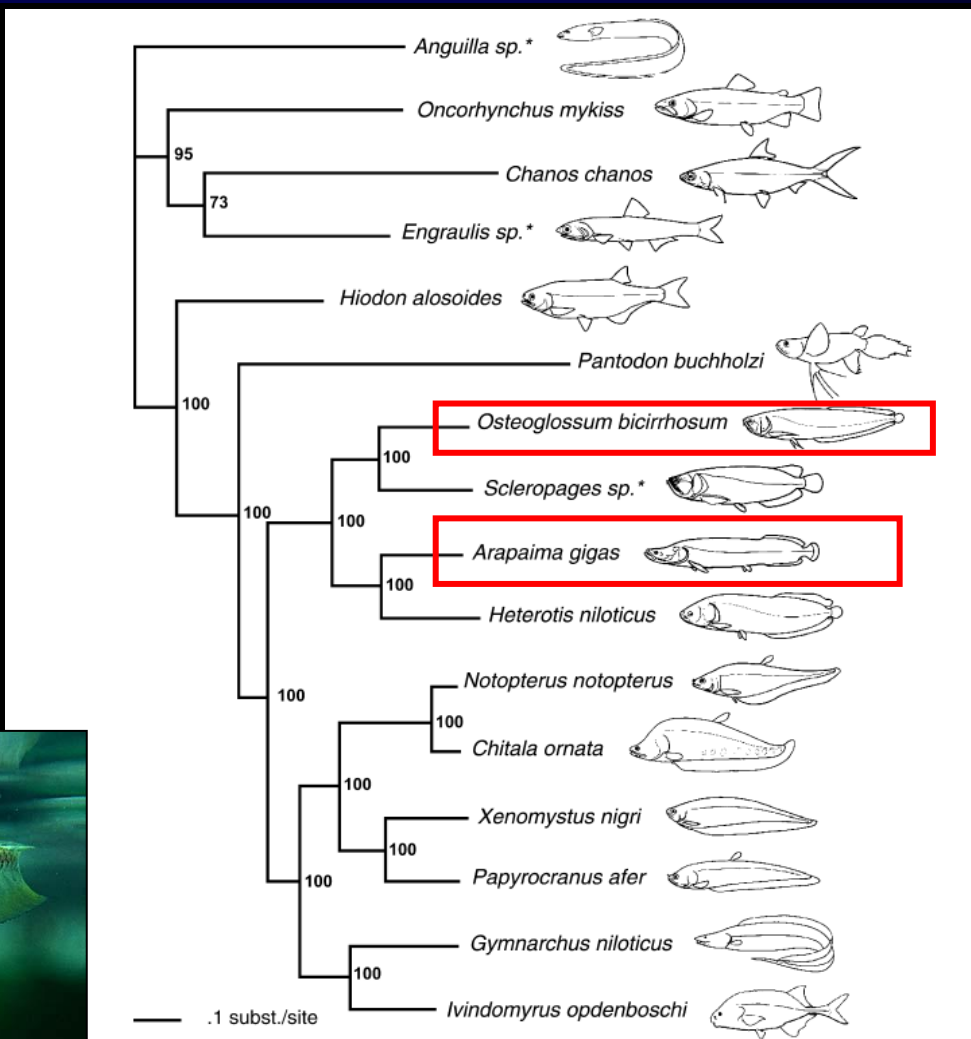
Lepidosiren paradoxa, distribuída en las cuencas del Amazonas y Paraná-Paraguay (hasta 35° lat S).

Registro Fósil: Cretácico tardío (70 ma)



Division Teleostei; Orden Osteoglossiformes; Familia Osteoglossidae Cretácico tardío (70 ma)

2 especies del género *Osteoglossum* (arowana) y *Arapaima gigas* (pirarucú)



Orden Characiformes: 18 familias, 237 géneros y al menos 1343 especies de las cuales 208 (4 familias) están en África; el resto en la región Neotropical y Sur de Norteamérica. También restos fósiles en Europa.

Origen: Cretácico tardío (70 ma)
 Restos fósiles de grupos vivos: Paleoceno-Oligoceno (60-30 ma)

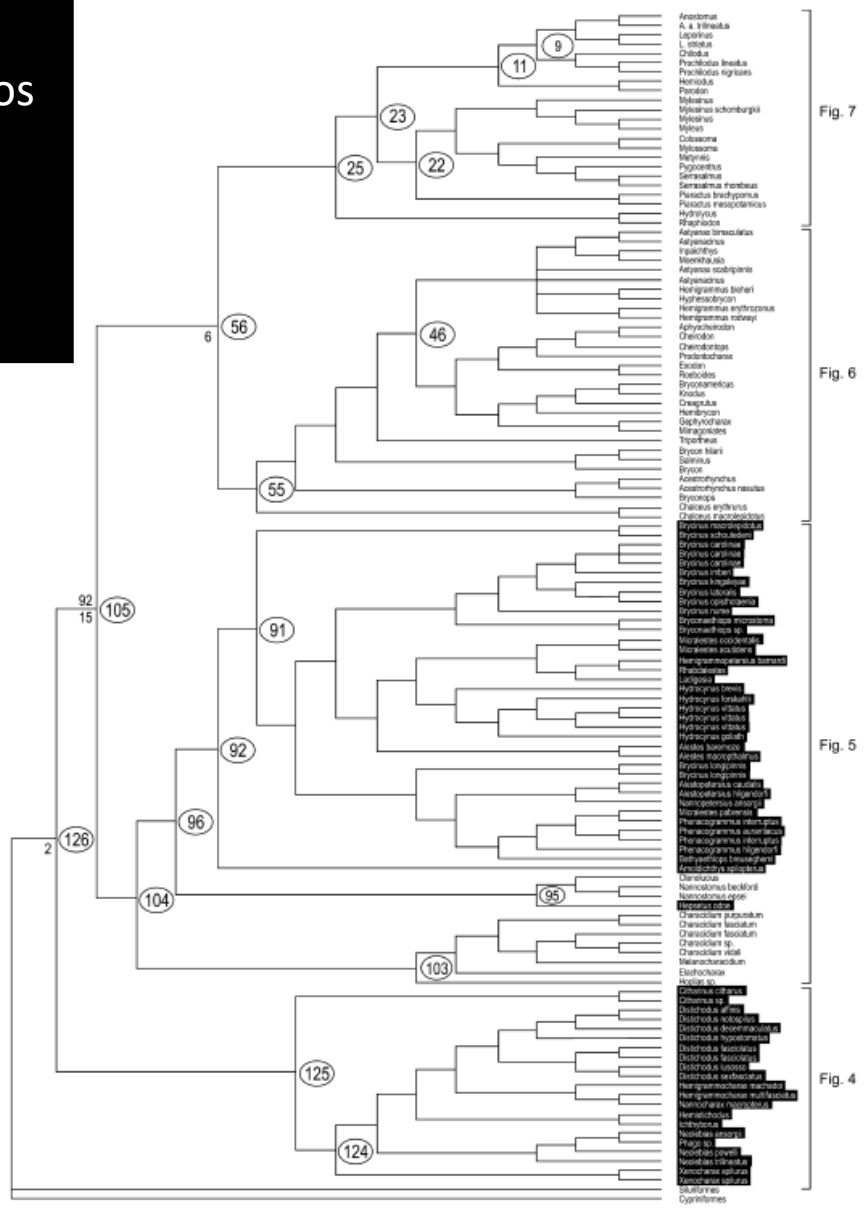


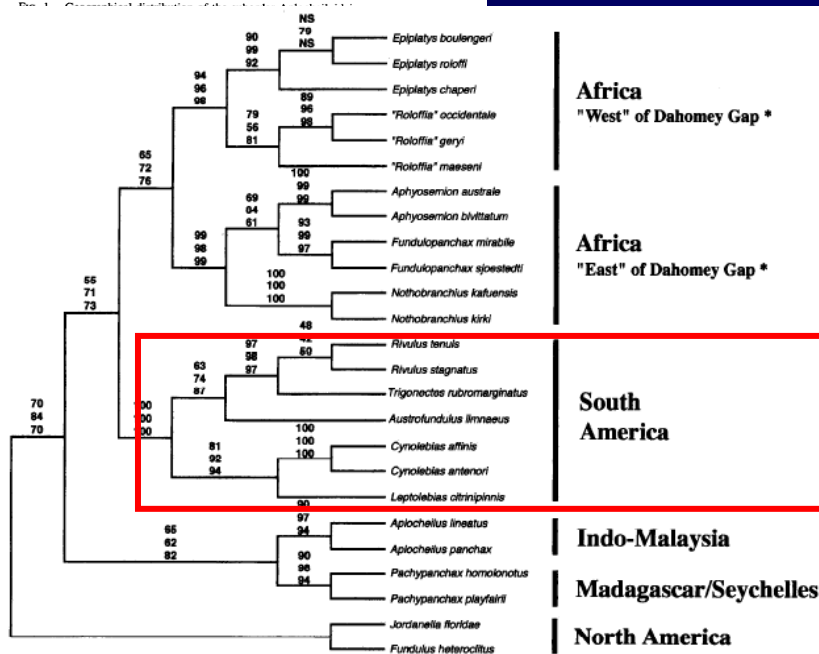
Fig. 1. Strict consensus of 18 equally most-parsimonious trees based on the combined analysis of six data partitions. African taxa are denoted in black. Clades designated at far right are examined in detail in subsequent figures, respectively. Nodes are numbered where referenced in the text; bootstrap ($\geq 50\%$) and Bremer support values are shown above and below the node, respectively, for those nodes not represented in subsequent figures.

Orden: Cyprinodontiformes; Suborden: Aplocheiloidei

10 familias, 109 géneros, 1013 especies



Rivulidae (Neotropical)



Aplocheilidae (Africa)

FIG. 4.—Phylogenetic hypothesis for the Aplocheiloidei based on parsimony analysis of the total data set. Bootstrap values (500 replicates) are listed above the branches in descending order for: equal-weighted MP, MP using conservative substitutions for *cytb* (see *Materials and Methods*) and all sites for the 12S and 16S rRNAs, and MP with Tv weighted three times Ts. The latter analysis did not support the shown relationships within *Epiplatys*, instead grouping *E. bouleengeri* and *E. chaperti* (78% of replicates). Asterisks marking the labels "West" and "East" of the Dahomey Gap indicate general distributions of sampled taxa, but note exceptions to these definitions in the *Discussion*.

Orden Cichliformes: 1300 especies

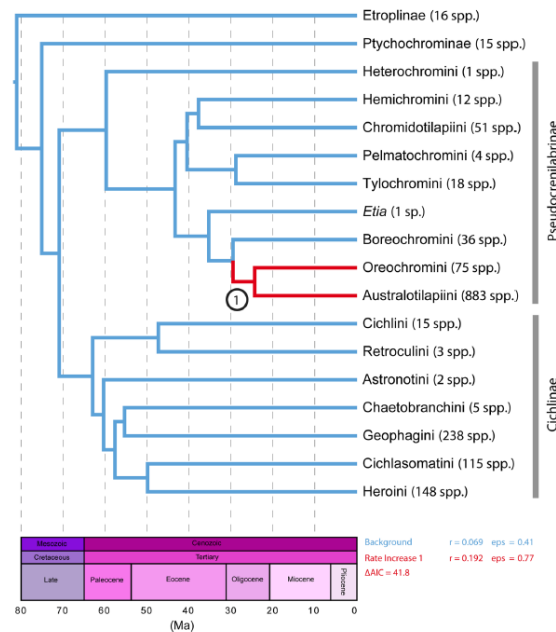
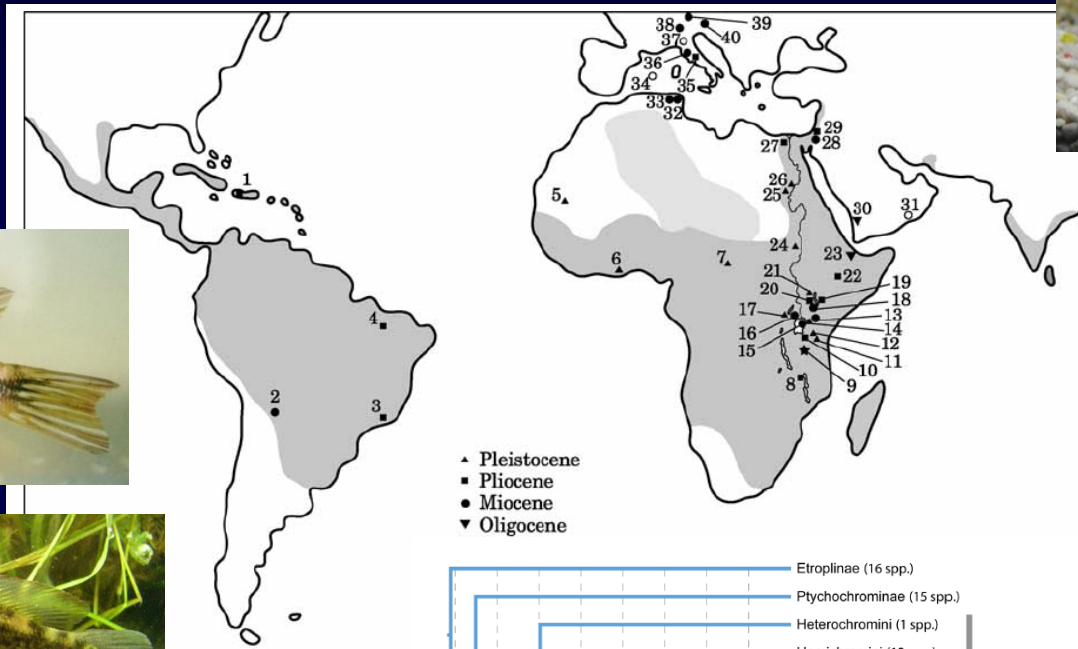
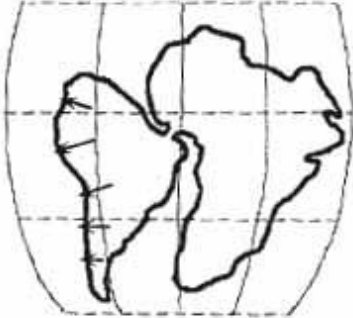


Figure 2. Temporal phylogeny of cichlids pruned to subfamily for Ptychochrominae, Etroplinae, tribes for Pseudocrenilabrinae, Cichlinae. Red dates indicate rate shifts in diversification, with lineages in blue undergoing a background rate of diversification. doi:10.1371/journal.pone.0071162.g002

Región Neotropical: Región Dinámica

Procesos geológicos y geomorfológicos: Deriva Continental y Formación de los Andes.

A. Late Aptian-Albian (~112-105 Ma)



B. Turonian (~90 Ma)



Figure 10. A. South America and Africa at about the time of final separation of the continents in late Aptian-Albian (~112-105 Ma, after Map 16 in Smith *et al.*, 1994). B. South America and Africa in the Turonian (~90 Ma) following complete separation (after Map 14 in Smith *et al.*, 1994).

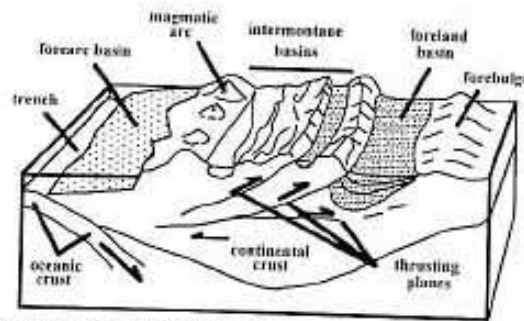


Figure 4. West (left) to east (right) schematic section of the Andes showing geological features associated with mountain building and foreland basin development (modified after Fig. 1 in Marocco *et al.*, 1995 and Fig. 2 in Horton & DeCelles, 1997).

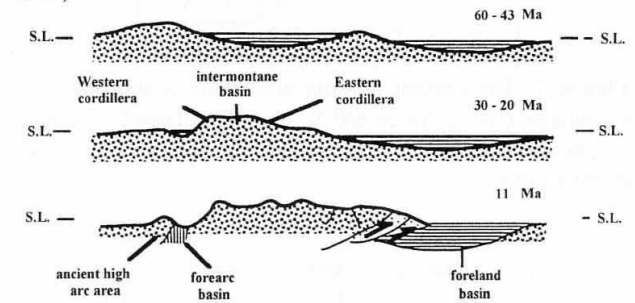
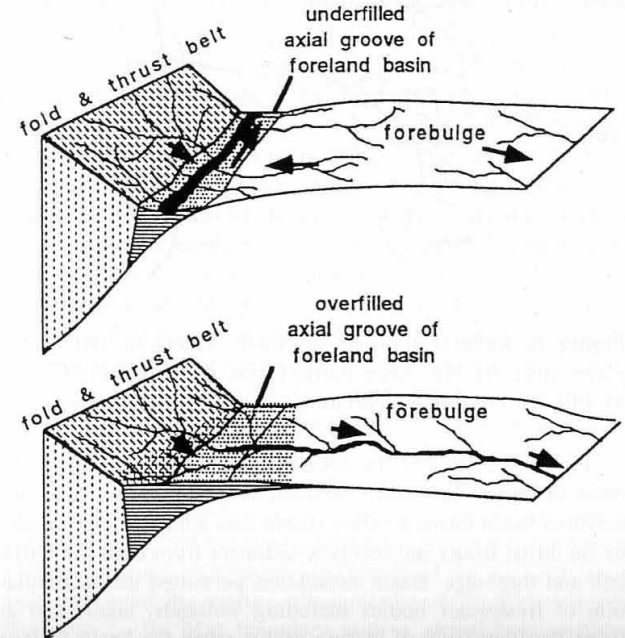
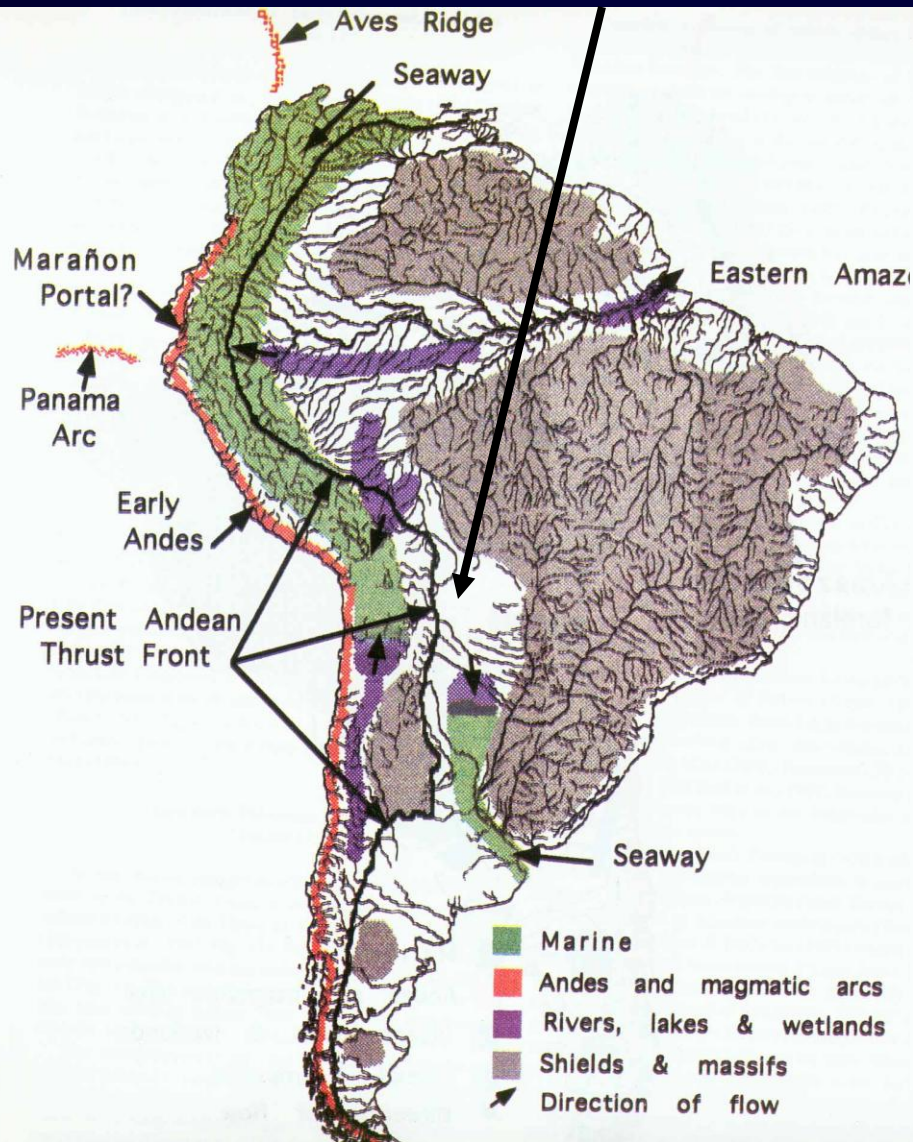


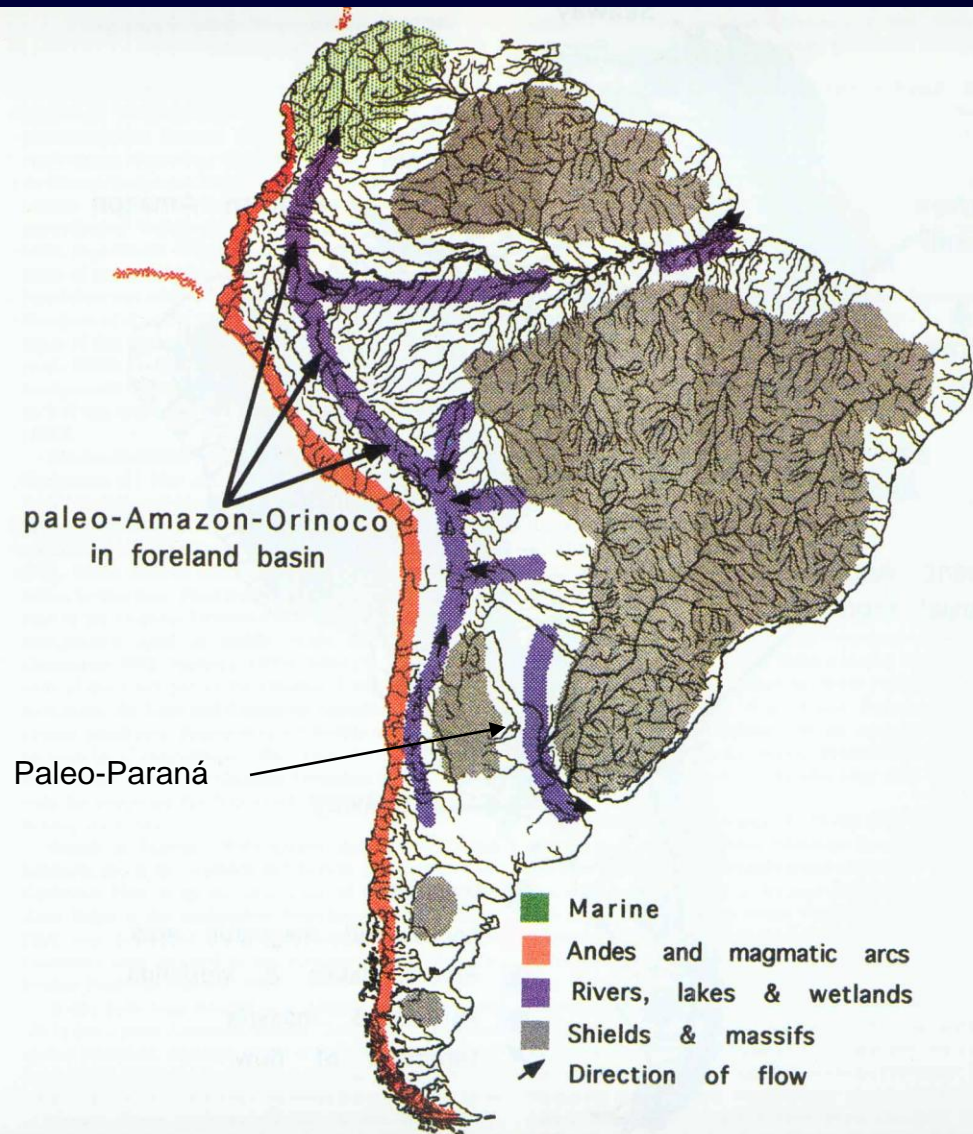
Figure 5. Eastward growth of the orogenic belt, foreland basin and forebulge. Modified after Fig. 7 in Jordan & Alonso (1987). S.L., sea level.



Fósiles de peces marinos o estuarinos (Gayet et al, 2001)

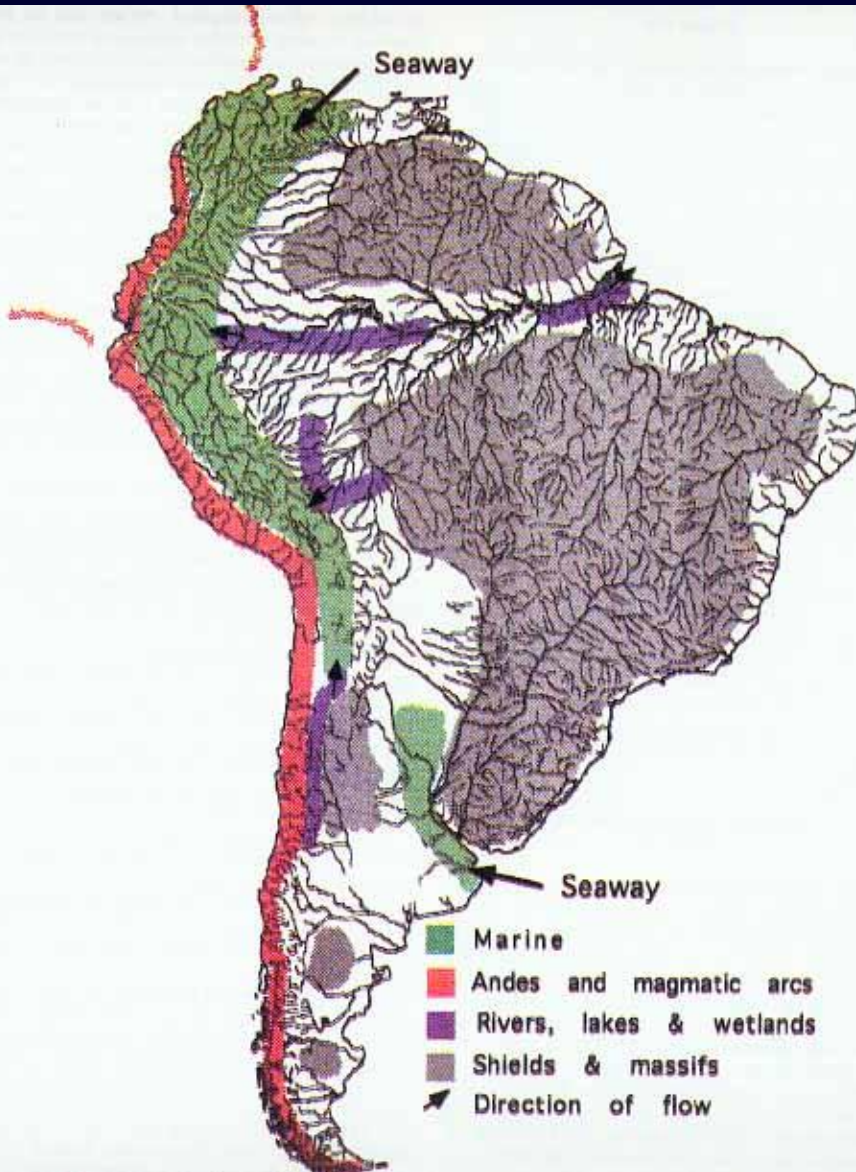


83-73 ma

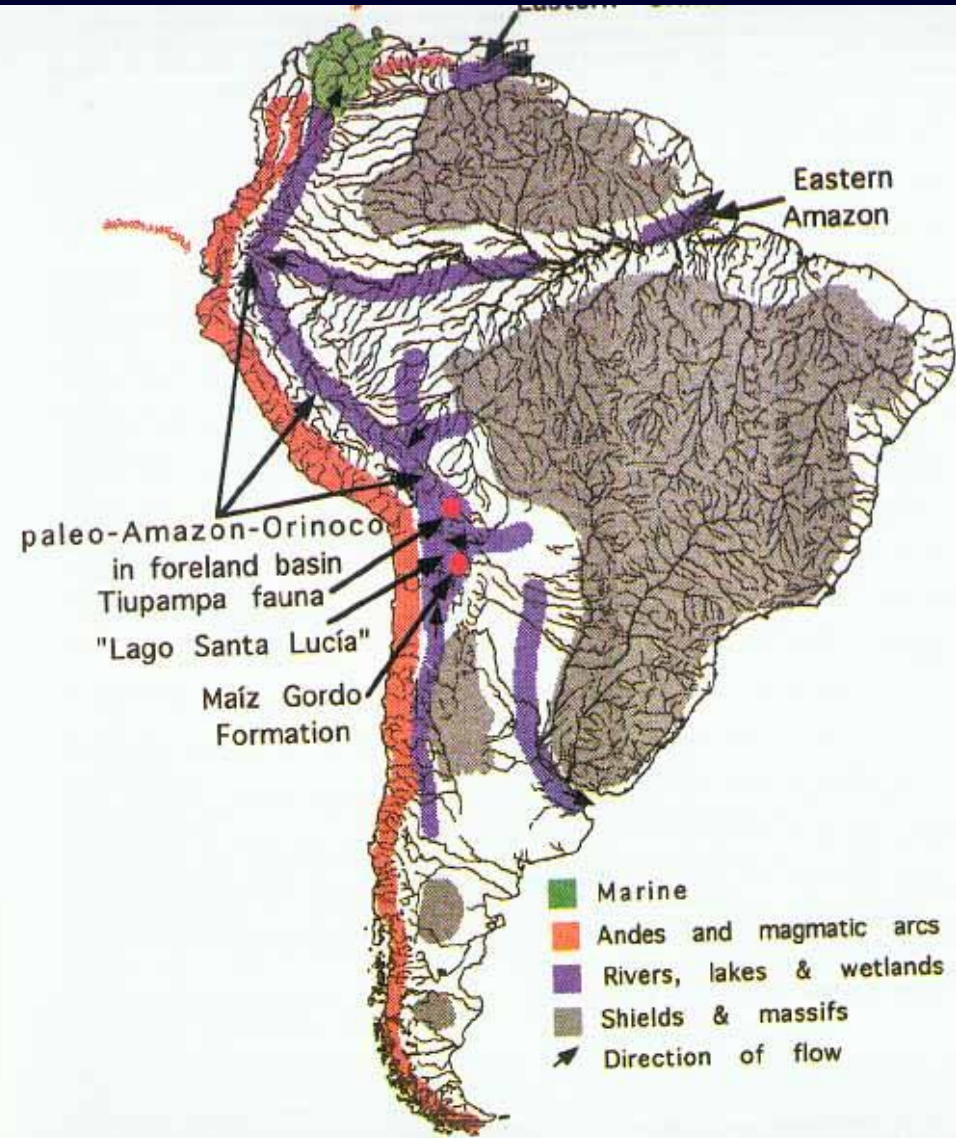


67-61 ma

Fósiles de género actual: *Corydoras*



61-60 ma



60-43 ma

Paraná captura Amazonas

Locura andina

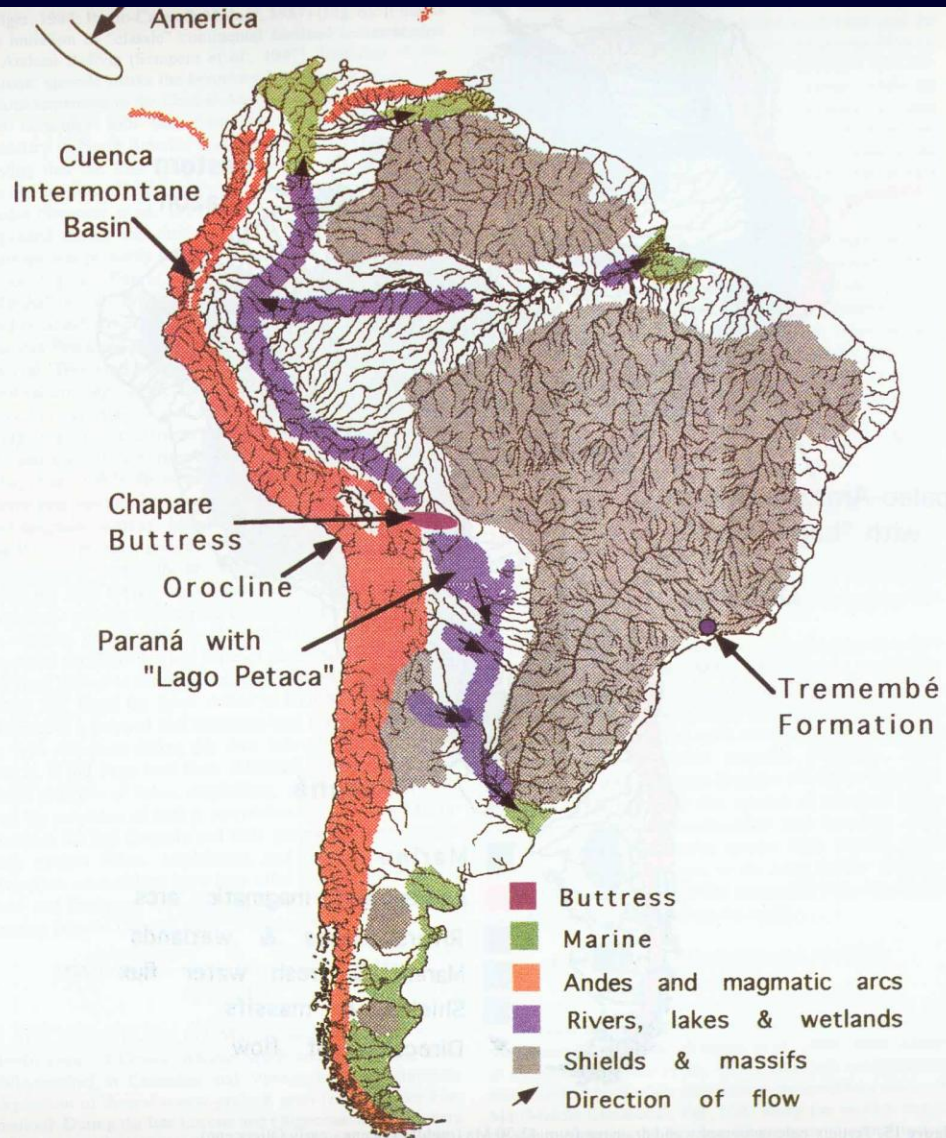
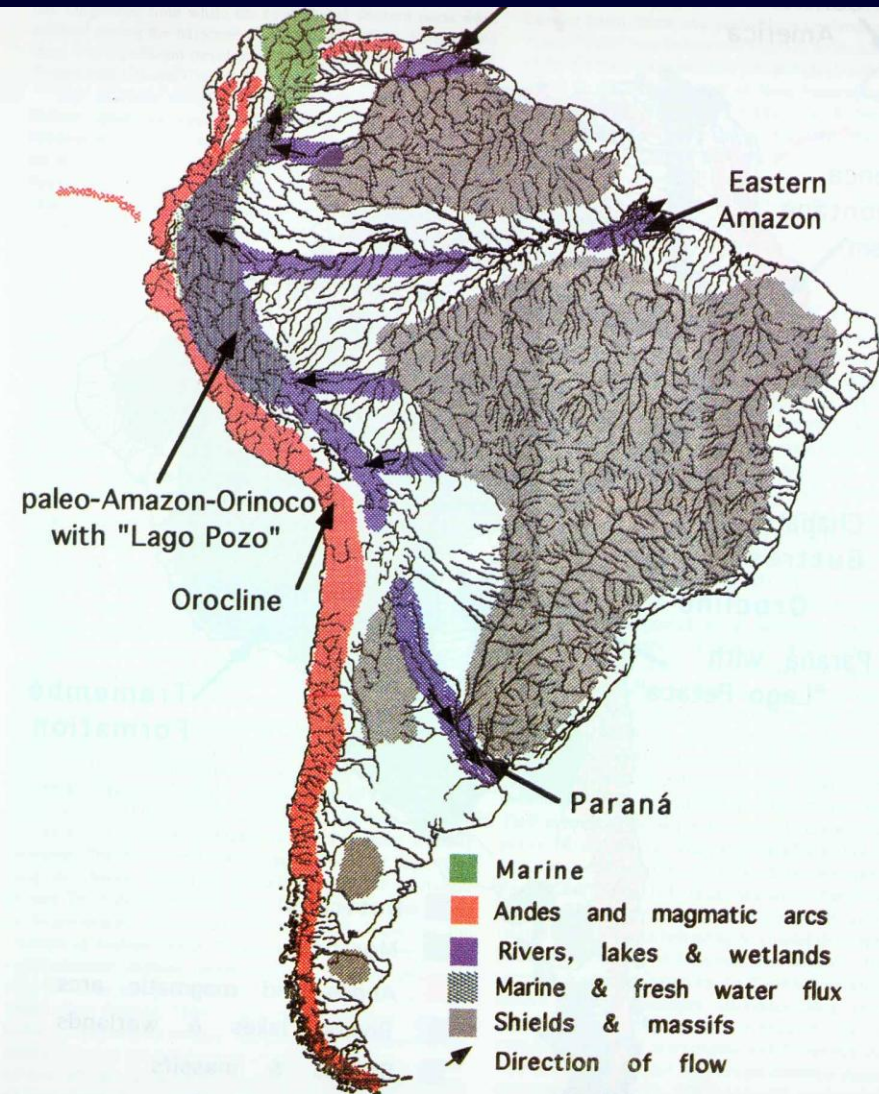
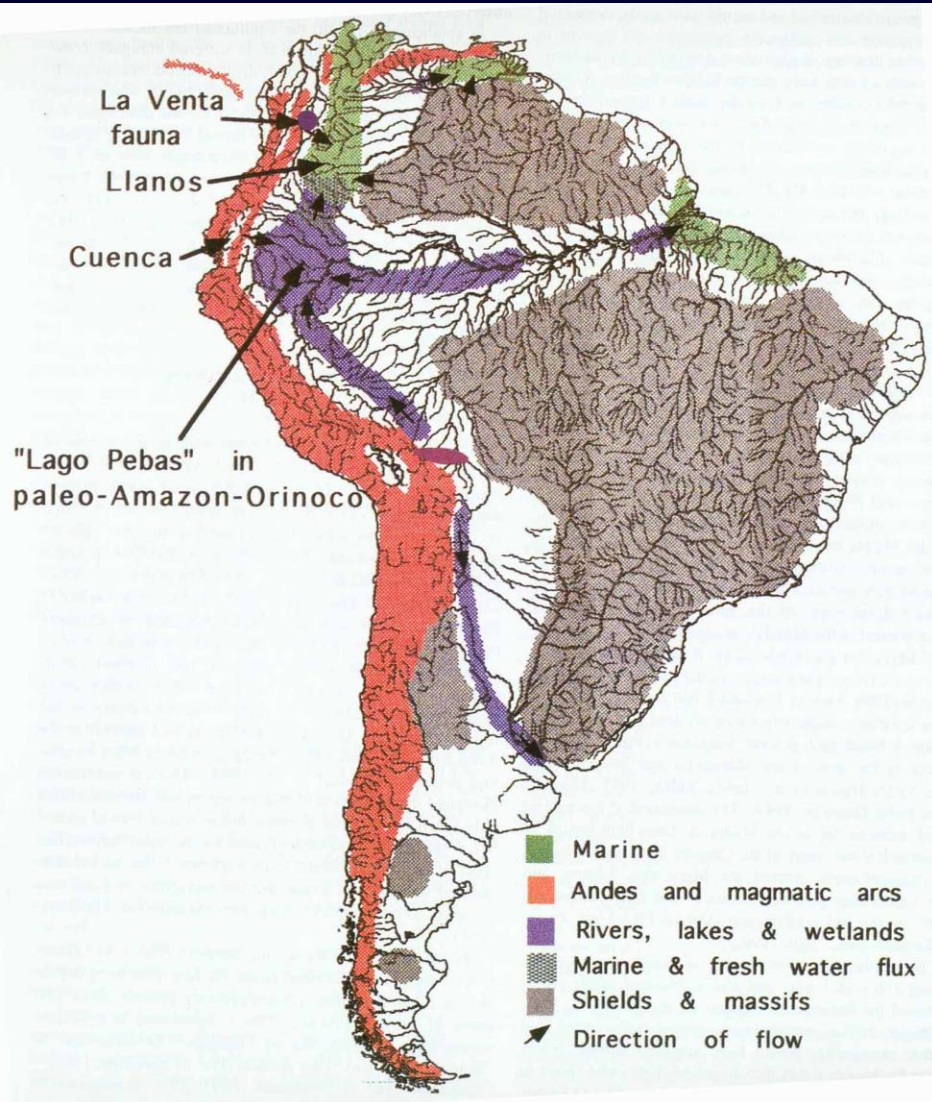


Figure 15. Tertiary paleogeography and drainage from 43-30 ma

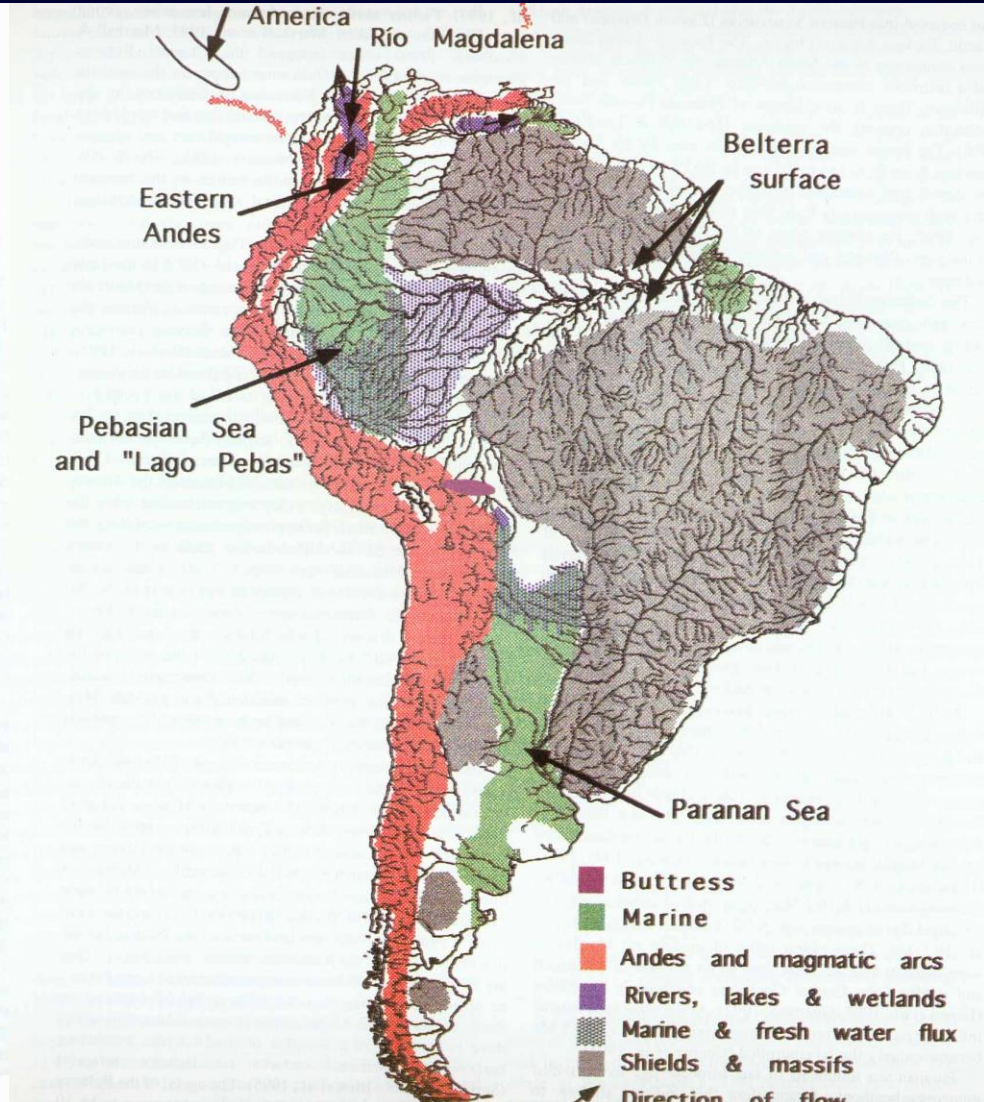
43-30 ma

30-20 ma

Amazonas captura Paraná

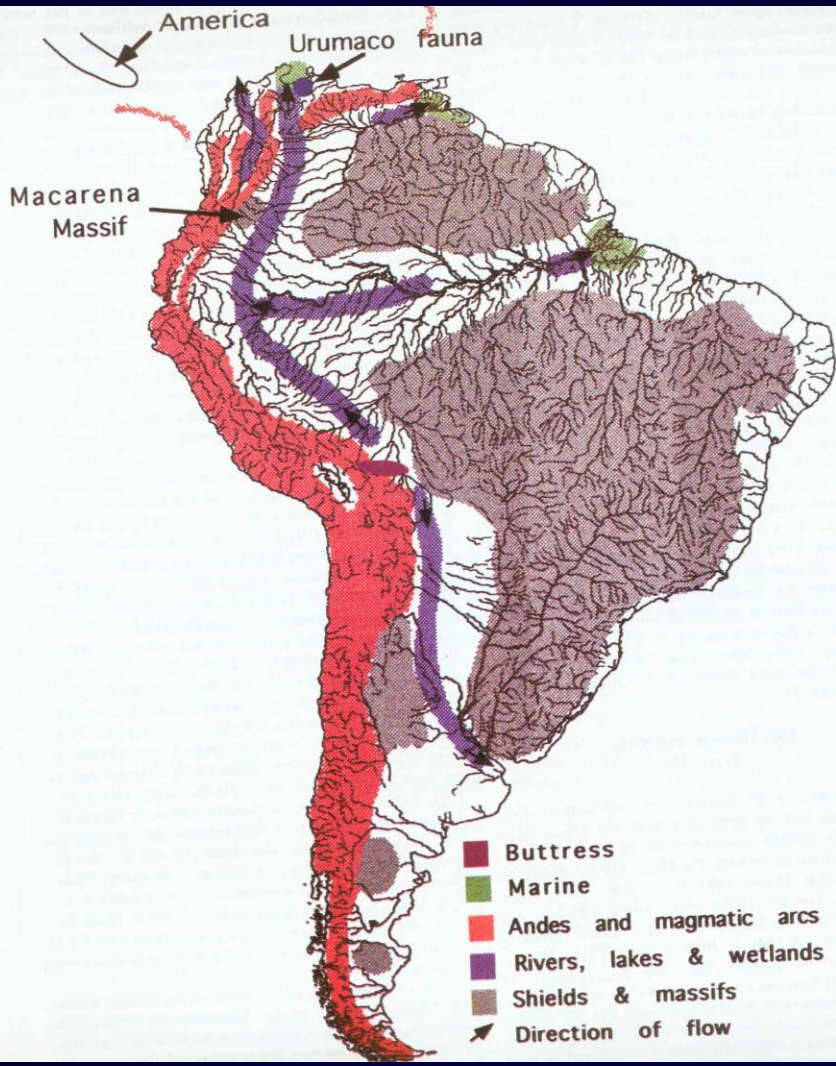


20-11.8 ma

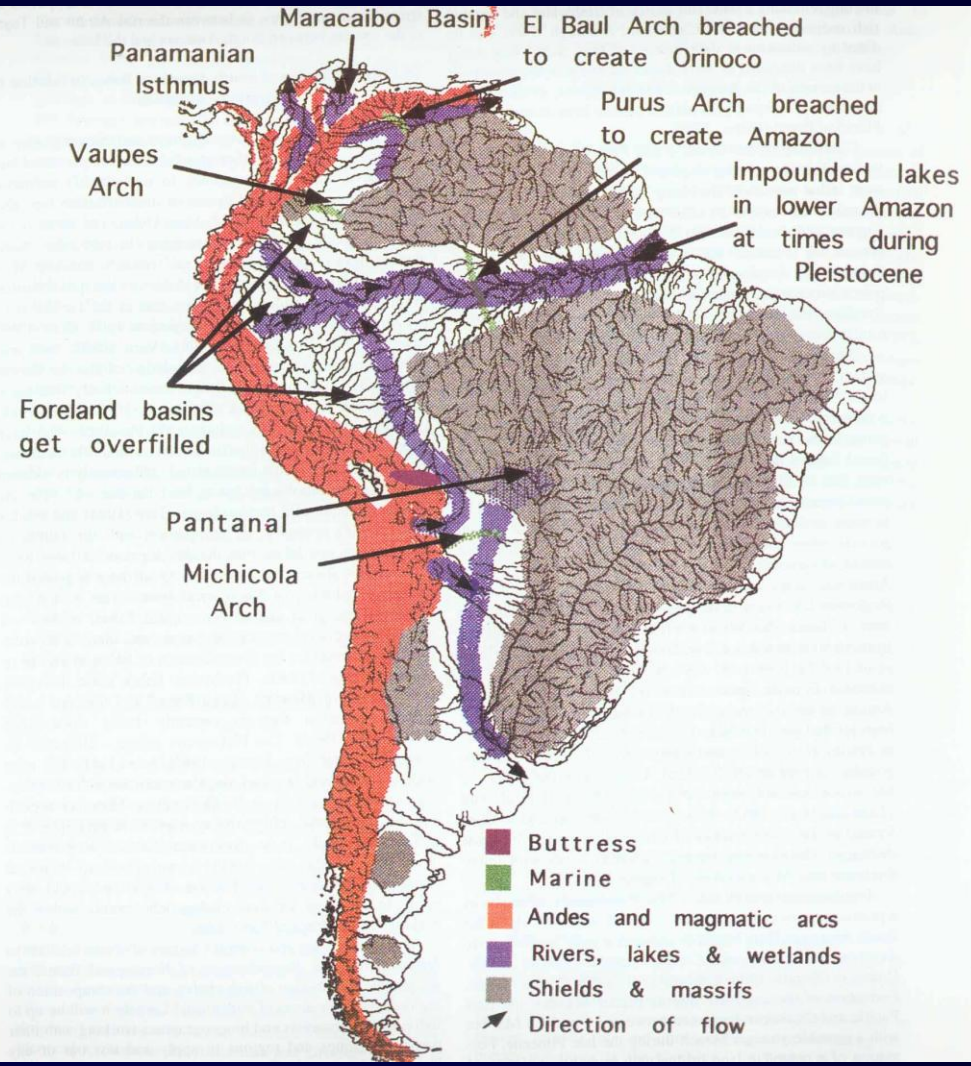


11.8-10 ma

Dirección actual del Río Amazonas



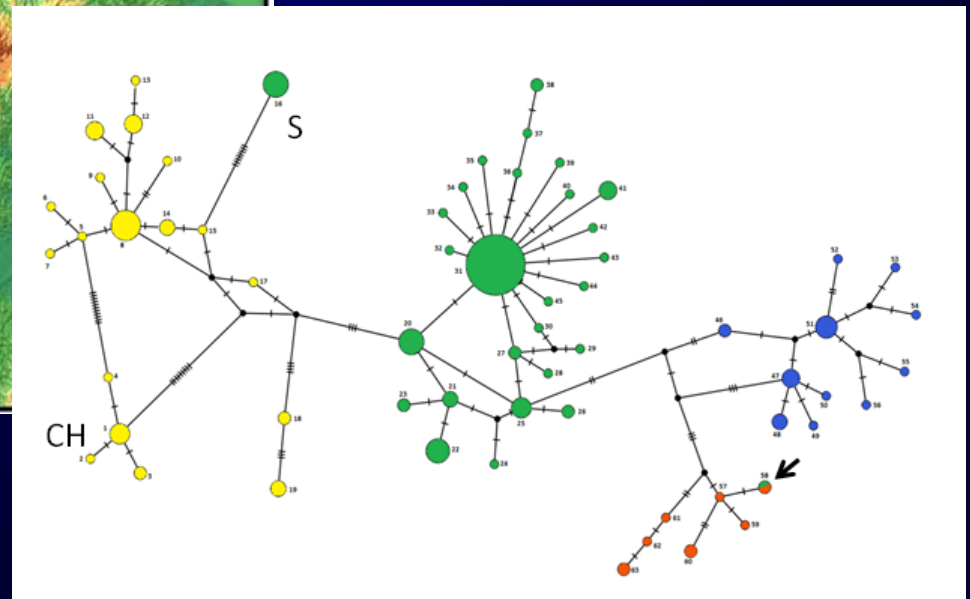
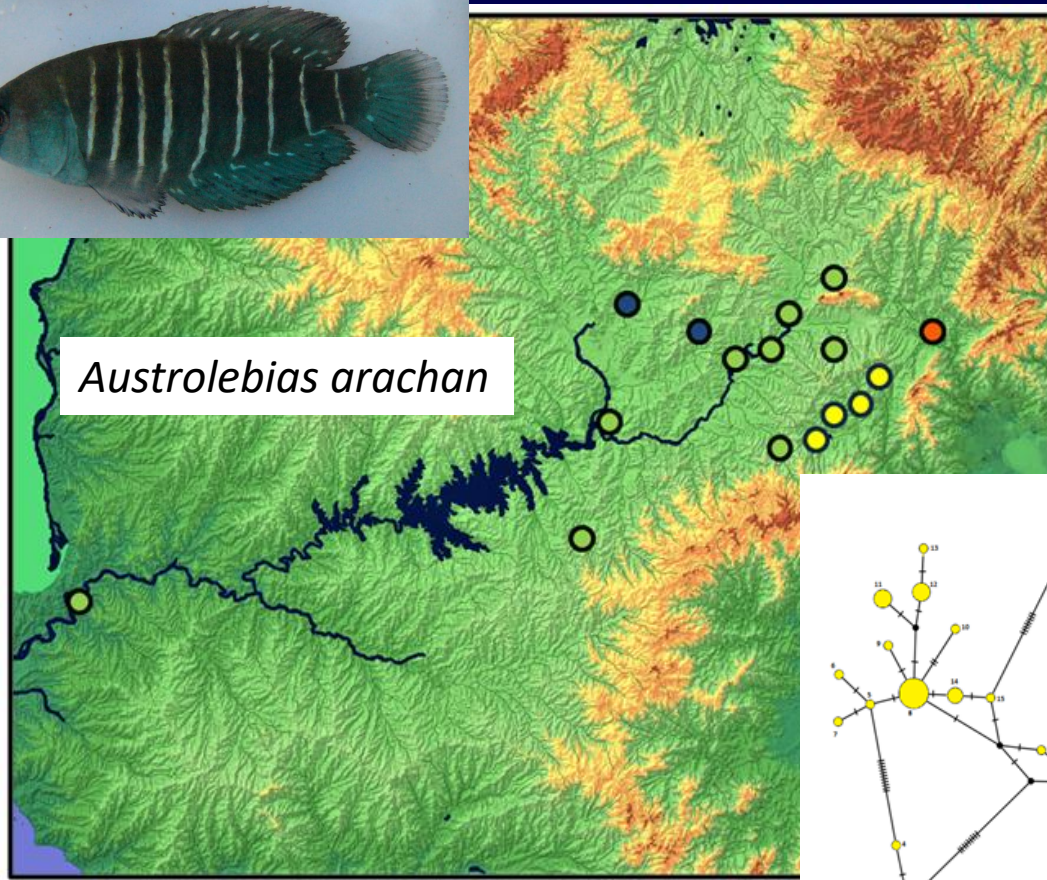
10-8 ma



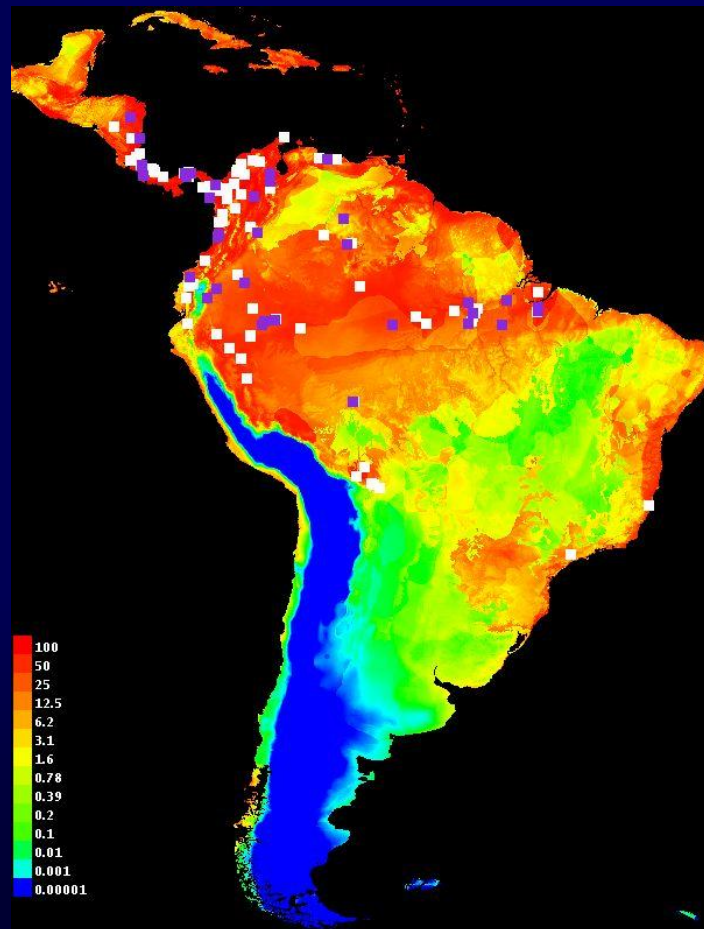
8-0 ma

V. Siglo XXI Hacia donde va la Biogeografía

- **Filogeografía (Avice, 2000)**: Distribución geográfica de la variación molecular dentro de una misma especie.



- **Modelos de Distribución Potencial (Franklin, 2009)** de las especies: Modelos conceptuales de los factores que controlan las distribuciones en espacio y tiempo, datos de la ocurrencia de las especies, mapas digitales de las variables ambientales, modelo cuantitativo que relaciona la ocurrencia con los predictores ambientales, GIS, datos y métodos para evaluar el error de las predicciones.





Conservation biogeography – foundations, concepts and challenges

David M. Richardson^{1*} and Robert J. Whittaker^{2,3}

Objetivos de la Disciplina

Aplicación de los principios, teorías y análisis de la Biogeografía a la Conservación de la Diversidad Biológica

Apoyar las prácticas de conservación con una visión espacial de amplia escala, ya que es claro que la conservación a escala espacial pequeña no es suficiente:

- Designar redes de reservas
- Planificación e implementación de restauraciones ecológicas
- Manejar especies invasoras
- Reintroducir especies

Término acuñado en el año 2005 por Whittaker y colaboradores :



Conservation Biogeography: assessment and prospect

Robert J. Whittaker*, Miguel B. Araújo, Paul Jepson, Richard J. Ladle, James E. M. Watson and Katherine J. Willis