

Evolución de plantas y animales en la isla de

# Madagascar

Guía básica del educador



Fundación **Yelcho**

Trabajando en las raíces



01. Biodiversidad y evolución	Páginas 2/3
02. Una isla singular	Páginas 4/5
03. Casos de estudio	Páginas 6/7
04. Actividades	Páginas 8/9
05. Apéndice	Páginas 10/11
06. Glosario	Página 12
07. Referencias	Página 13



Esta obra está sujeta a la licencia Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es\\_ES](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es_ES).

El objetivo de esta guía didáctica es proporcionar contenidos básicos sobre la historia evolutiva de las especies de flora y fauna de Madagascar. La guía está dirigida a profesores y educadores y pretende servir de apoyo a aquellos que quieran divulgar este conocimiento entre los alumnos. Los contenidos de la guía han sido elaborados con mucho entusiasmo por parte de un grupo de biólogos y antropólogos dedicados a la docencia y a la investigación. Y la edición de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de la Sociedad Europea de Biología Evolutiva.

La guía está dedicada especialmente a aquellos profesores que se preocupan y se esfuerzan día a día para que los estudiantes de Madagascar aprendan sobre la excepcional historia evolutiva de los especies de su isla. Queremos que esta guía didáctica sea una herramienta útil particularmente para ellos, y por eso nos gustaría mejorarla y que creciera con aportaciones. Te pedimos colabores con nosotros y nos ayudes a enriquecerla con ideas, comentarios, críticas o sugerencias (biodiversidad@fundacionyelcho.org). Gracias por confiar en nosotros. ¡Deseamos que disfrutes enseñando sobre evolución!

**Autores:**

Alicia Donnellan<sup>1,2</sup>

Iris Gutiérrez<sup>1,3</sup>

Olga Mayoral<sup>1,3,4</sup>

Eduardo Barona<sup>1</sup>

Elena Carrió<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Fundación Yelcho - Parc Científic Universidad de Valencia, Paterna, España

<sup>2</sup>Institute for Applied Ecology - AUT University, Auckland, Nueva Zelanda

<sup>3</sup>Universidad de Valencia - Burjassot, España

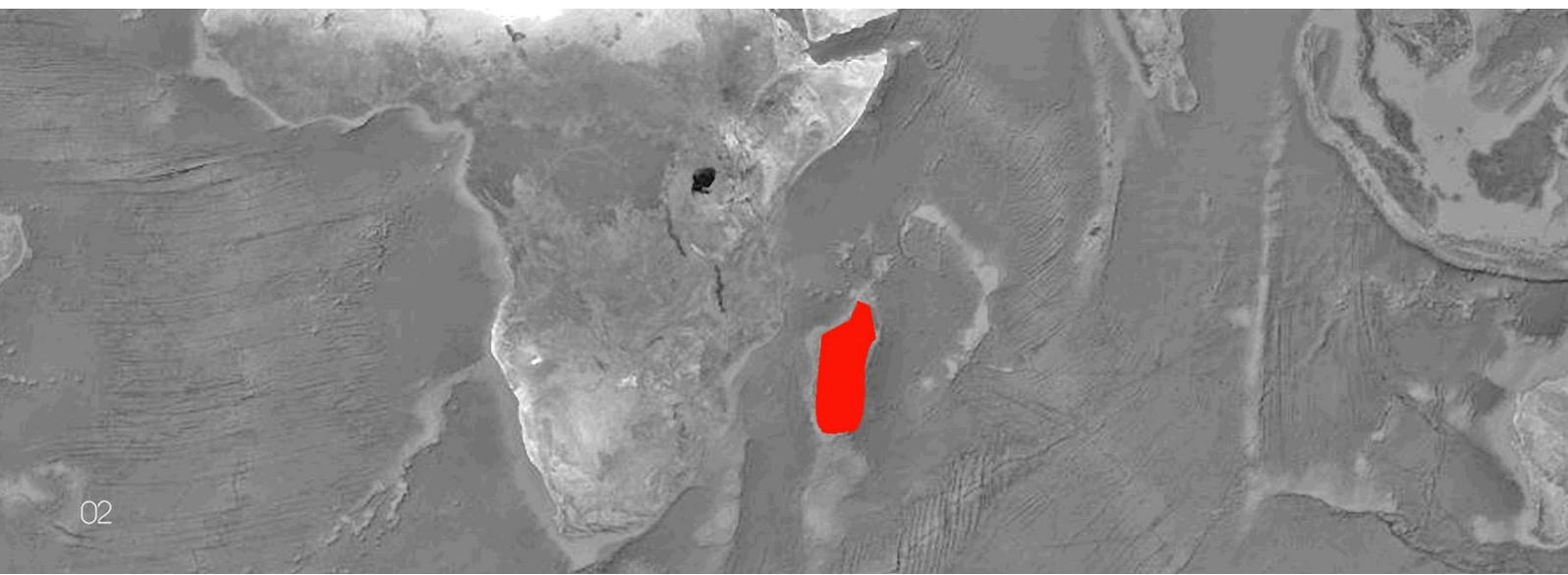
<sup>4</sup>Universidad Politécnica de Valencia - Gandía, España



## Una visión general sobre la biodiversidad de Madagascar

Madagascar se caracteriza por una historia evolutiva excepcional. La isla presenta una gran variación topográfica y climática y una amplia variedad de tipos de rocas y suelos. La interacción entre estos factores ha dado lugar a una flora y una fauna singular. La mayoría de las especies de plantas y animales son endémicas. El 100% de las especies de anfibios y de mamíferos terrestres, el 92% de los reptiles, el 44% de las aves, el 74% de las mariposas y más del 90% de las especies de plantas no se encuentran en ningún otro lugar del planeta (Goodman & Benstead 2003; Krüger 2007; Buerki et al. 2013). Madagascar no sólo presenta un alto nivel de endemismos, sino que los grupos endémicos son muy antiguos, es decir, evolucionaron de sus parientes próximos hace muchos millones de años (Crotini et al. 2012; Hoelt et al. 2013).

Cuando se compara con otras islas, curiosamente Madagascar no es excepcionalmente rica en el número de especies por unidad de área. La riqueza de especies de la isla es más o menos la que se esperaría de una isla de su tamaño (Myers et al. 2000). Entonces, ¿por qué se considera un lugar prioritario para la conservación de la biodiversidad? La singularidad de Madagascar se basa en el gran número y variedad de familias y géneros de plantas y animales, más que en el número de especies total. Esto significa que linajes antiguos se separaron de sus parientes más cercanos hace mucho tiempo. Posteriormente, la radiación dentro de esos linajes ha dado lugar a un alto grado de especies endémicas (Ceballos & Brown 1995; Barthlott et al. 1996; Kreft & Jetz 2007). Entonces, ¿cuáles han sido los factores que han propiciado la singularidad evolutiva de la isla?



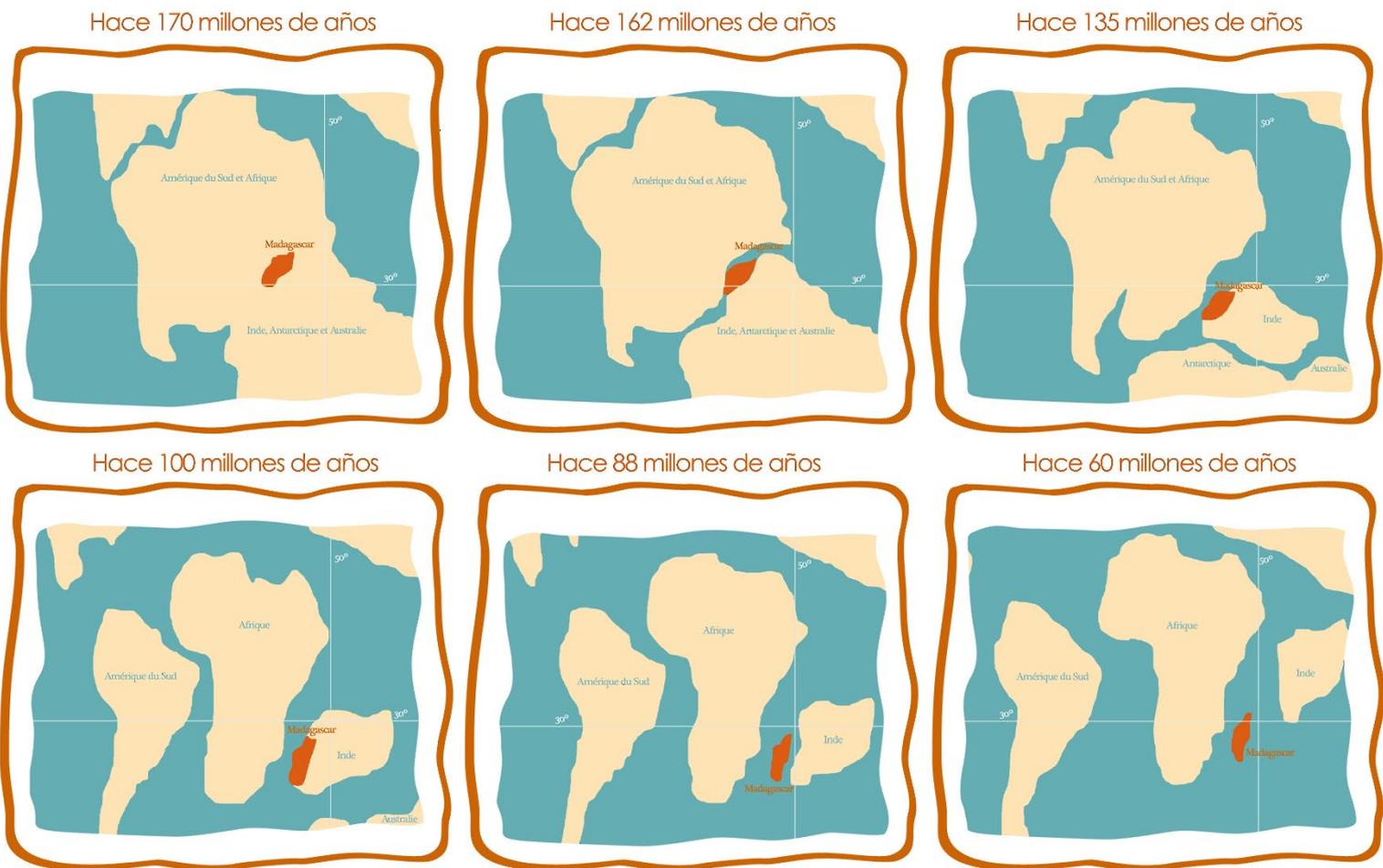


Figura 1. Secuencia que representa el aislamiento de Madagascar.  
Fuente: Ilustración modificada a partir de <http://evolution.berkeley.edu>

Era	Período	Época	Inicio
Mesozoico	Jurásico		201 millones de años
	Cretácico		145 millones de años
Cenozoico	Paleogeno	Paleoceno	66 millones de años
		Eoceno	56 millones de años
		Oligoceno	34 millones de años
	Neogeno	Mioceno	23 millones de años
		Plioceno	5 millones de años
	Cuaternario	Pleistoceno	2.6 millones de años
		Holoceno	11500 años

Figura 2. Escala de tiempo geológico

# 02 Una isla singular



## Claves para entender la singularidad de Madagascar

### Aislamiento



- Hace más de 250 millones de años todos los continentes del planeta estaban unidos en uno solo de gran tamaño, llamado Pangea. Hace unos 200 millones de años este supercontinente se dividió en dos: Laurasia, al norte y Gondwana, al sur. Madagascar formaba parte de Gondwana (junto con Sudamérica, África, Australia, India y la Antártida) y se situaba en el centro de este supercontinente sin salida al mar (Figura 1).

- Hace unos 166 millones de años Gondwana comenzó a dividirse en varios fragmentos, que fueron alejándose lentamente unos de otros, hasta llegar al lugar que ocupan hoy en día. Durante este proceso, Madagascar e India estaban unidas y se separaron primero de África y América del Sur, y después de Australia y la Antártida, y comenzaron a dirigirse hacia el norte. Posteriormente, Madagascar e India comenzaron a separarse. Finalmente, hace unos 88 millones de años, Madagascar quedó como una isla independiente aislada y situada en su posición actual en el océano Índico. Desde entonces la isla ha permanecido aislada de cualquier otra masa de tierra (Figura 1).

- En la época en la que Madagascar se separó de Gondwana, la mayoría de los taxones terrestres que se encuentran ahora en la isla no habían evolucionado todavía o se encontraban en las primeras fases de su evolución (Ganzhorn et al. 2014).



### Extinción

- Hace unos 65 millones de años, un asteroide gigante impactó en la Tierra. Este hecho marcó un período de extinción en masa, la desaparición de los dinosaurios y la transición del Cretácico al Terciario (Figura 2), llamada evento K-T (O'Leary et al. 2013; Yoder 2013). El evento K-T parece que eliminó muchos elementos faunísticos y florísticos presentes en Madagascar en ese período, dejando la isla empobrecida (Ali & Krause 2011, Buerki et al.

## Colonización

- Después de la extinción en masa, la isla fue colonizada por especies provenientes de otras masas continentales. De hecho, la mayoría de las especies animales presentes en Madagascar han evolucionado a partir de procesos de colonización posteriores al evento K-T, lo que le resta importancia a la evolución de las especies procedentes del stock de Gondwana (Krause et al. 1997). Por ejemplo, ninguno de los principales linajes endémicos de vertebrados que actualmente se encuentran en la isla estaban presentes en el Cretácico (Figura 2), por lo que debieron evolucionar en cualquier otro lugar antes de colonizar Madagascar. Respecto a las plantas, también se piensa que muchos géneros endémicos aparecieron con posterioridad al evento K-T (Buerki et al. 2013).

- La hipótesis más plausible apunta a que la mayoría de organismos colonizaron Madagascar por dispersión a través del canal de Mozambique. La distancia entre el este de Mozambique y el oeste de Madagascar ha sido de al menos 230 km desde el Cretácico. Se cree que parches de vegetación con fauna se desprendieron del lecho de ríos (probablemente como consecuencia de eventos climáticos), fueron arrojados al océano, y se dispersaron hasta Madagascar favorecidos por las corrientes superficiales oceánicas. Hace 20 millones de años se produjo un cambio en el sentido de estas corrientes que limitó las probabilidades de colonización.

- Los procesos de colonización fueron distintos entre los diferentes grupos taxonómicos. Por ejemplo, reptiles y anfibios han colonizado la isla varias veces independientemente. En cambio, los grandes grupos de mamíferos endémicos (lémures, tenrecs, carnívoros y roedores) de Madagascar se originaron a partir de cuatro eventos de colonización exitosos.

## Diversificación

- Para comprender la diversificación de especies en la isla después de la colonización hay que remitirse a la topografía y al clima (Recuadro 1 y 2; pág. 10). La isla de Madagascar está dividida en dos de manera asimétrica a lo largo de su eje más largo por una columna de montañas que recorre toda su longitud. Las interacciones entre la topografía, los vientos alisios y los cambios monzónicos son los fenómenos que más influencia tienen en el clima. La humedad transportada por los vientos alisios del este se precipita en las laderas orientales de las cadenas de montañas, formando un gradiente de precipitación desde el este y noreste tropical húmedo hacia el suroeste subárido de la isla. Esto favorece una cubierta densa de bosque tropical húmedo en la costa este y en las regiones interiores del noreste y formaciones más secas al oeste y sur de la isla. Por tanto, el resultado de la interacción entre la topografía y el clima crea diferentes tipos de ambientes naturales (Recuadro 3, pág. 11).

- Los animales y plantas se han adaptado a las condiciones abióticas y a los recursos que la isla proporciona durante las diferentes estaciones (Hemingway & Bynum 2005). Por ejemplo, en el matorral espinoso del sur, hay una gran variedad de especies suculentas como aloes o euforbias con tallos y raíces engrosadas. Estas formas de crecimiento reflejan adaptaciones evolutivas hacia la escasez de agua y se encuentran típicamente en zonas desérticas o semidesérticas.

- Como conclusión, las distintas zonas climáticas y de vegetación de Madagascar han jugado un papel importante en la especiación y en la configuración de la diversidad biológica. La evolución de especies parece haber estado favorecida por la heterogeneidad ambiental, en las que las poblaciones de las especies han encontrado diferentes condiciones bióticas y abióticas (Ganzhorn et al. 2014). Con el tiempo, las poblaciones pudieron adaptarse a las condiciones locales y evolucionar hacia especies distintas. En este proceso, barreras geográficas, como las montañas, pudieron contribuir a



# 03 Casos de estudio



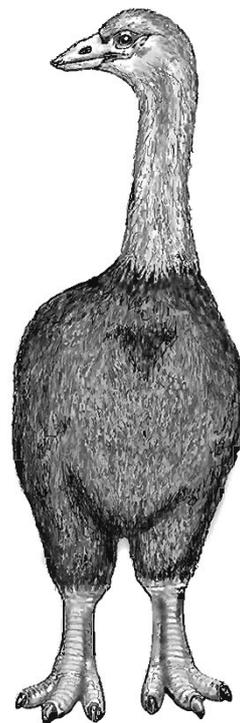
## Especiación

La fauna de invertebrados de Madagascar muestra un alto nivel de riqueza de especies. La especiación ha ocurrido ocasionalmente a nivel de familia o subfamilia, y muy frecuentemente a nivel de género o especie. Hay muchos géneros que presentan entre 50 y 100 especies endémicas de la isla, e incluso algún género tiene hasta 150 endemismos. En muchos casos, el factor más probable que ha inducido la especiación ha sido el aislamiento, geográfico o ecológico (Goodman & Benstead 2003).

La especie de escarabajo *Pilades coquereli* ofrece un buen ejemplo de diversificación relacionada con factores geográficos. La especie aparece sólo en la parte noreste de Madagascar y sus subespecies se distribuyen de la siguiente manera: *P. c. coquereli* en Nosy Be y Nosy Komba; *P. c. amplipennis* en Nosy Berafia; *P. c. pauliani* en Nosy Mitsio, *P. c. camuset* en Montagne d' Ambre, y *P. c. goliath* en Montagne des Français. Las tres primeras se encuentran en islas, evidentemente aisladas, mientras que la cuarta aparece en cimas aisladas de bosque húmedo, y la quinta en un bosque caducifolio también aislado. En todos los casos, su diferenciación es el resultado del aislamiento ecológico y físico (Goodman & Benstead 2003).

## Adaptación

En comparación con el continente africano, en Madagascar hay una notable ausencia de grandes mamíferos herbívoros asociados a pastizales y bosques. Sin embargo, hace unos cientos de años había grandes aves no voladoras que al parecer se alimentaban de las plantas. Así, Madagascar tiene plantas de crecimiento parecido al de los arbustos de Nueva Zelanda, donde las plantas se defendían de la gran ave Moa creciendo de forma muy densa, ramificada y entrelazada, con pequeñas hojas. Se piensa que esta característica evolucionó en Madagascar como una defensa frente al herbivorismo por parte del pájaro elefante, ya extinto.



Pájaro elefante



# 04 Actividades



## Rompecabezas

El objetivo de esta actividad es que los alumnos se familiaricen con los principales procesos geológicos y biológicos que han dado pie a la singularidad de la flora y de la fauna de Madagascar. Esta actividad debe acompañarse de las explicaciones del profesor sobre los siguientes conceptos clave: el aislamiento de Madagascar hace 88 millones de años, el proceso de extinción de hace 65 millones, y los posteriores procesos de colonización y diversificación de especies (págs. 4, 5).

Utilizando la plantilla que se presenta en la Figura 3, se crea un rompecabezas con las formas de los continentes. En primer lugar, los alumnos deben intentar hacer coincidir las piezas con la forma de Pangea, haciendo hincapié en la parte de Gondwana. El resultado debería ser algo parecido a la Figura 4. Posteriormente, al mismo tiempo que se explica la fragmentación de Gondwana, los alumnos pueden ir moviendo las piezas del rompecabezas según se vayan separando los continentes en la explicación. El profesor puede continuar la lección con explicaciones sobre el proceso de extinción, colonización y diversificación de especies que han originado la actual floral y fauna de Madagascar basándose en el mapa representado en el rompecabezas. Y los alumnos pueden pintar Madagascar en Gondwana.



## Teatro

La actividad pretende que los alumnos comprendan y se familiaricen con el concepto de especiación o diversificación, a través de ejemplos de linajes de organismos emblemáticos de Madagascar. Se elige un género de organismos que sirva como caso de estudio y se busca información sobre la biología de los taxones que lo componen. Posteriormente, se divide a los niños en grupos, se les adjudica un taxon del género elegido, y se les explica las características biológicas. Los niños deben idear una representación teatral para sus compañeros sobre el taxon que se les ha adjudicado y su biología con total libertad y utilizando los elementos de su alrededor que consideren (pinturas, disfraces, o elementos naturales como hojas y ramas). La actividad puede concluir con la explicación del profesor centrada en las diferencias biológicas que existen entre taxones próximos que provienen de un origen común.

El género *Galidia*, endémico de Madagascar contiene una sola especie, *G. elegans*, la mangosta de cola anillada, que está representada por varias formas geográficas, podría servir de ejemplo. Es la especie de carnívoro más visible en la isla y aparece en la mayoría de los diferentes tipos de formaciones boscosas con la excepción del bosque tropical de hoja caduca y el matorral espinoso. Tiene hábitos diurnos, se alimenta de pequeños animales, como reptiles y aves, huevos o insectos. No se puede confundir con ninguna otra especie de mamífero, con la forma del cuerpo típica de las mangostas, con patas relativamente cortas y una larga cola marrón con anillos de color negro. Actualmente se conocen tres subespecies distintas de *G. elegans* (*G. e. elegans*, *G. e. occidentalis* y *G. e. dambrensis*) que habitan en distintos ambientes en diferentes regiones de la isla. Los taxones se distinguen principalmente en base a la coloración del pelaje, pues no presentan diferencias en medidas externas o craneales. Se pueden encontrar más detalles sobre este y otros ejemplos en: Goodman & Benstead (2003) *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press.



Figura 4. Mapa orientativo sobre la posición de los continentes adaptado a la forma de Pangea.  
Fuente: ilustración modificada a partir de Google Images.

## Maqueta

El objetivo de esta actividad es que los alumnos se familiaricen con la idea de la adaptación de las especies a los distintos biomas de Madagascar. Se construye con arcilla sobre una base de madera o cartón, el relieve de Madagascar, con las montañas y ríos. Se puede utilizar la información representada en el mapa del Recuadro 1 (pág. 10). El profesor puede explicar sobre la maqueta las características topográficas y climáticas de la isla que han dado lugar al desarrollo de los diferentes tipos de biomas a los que las especies se han adaptado, enfatizando las diferencias en la composición de especies que se dan entre ellos. Posteriormente, los alumnos pueden añadir sobre la maqueta ilustraciones de cartulina que representen las especies características de cada entorno.

# 05 Apéndice

Recuadro 1.



Mapa de Madagascar mostrando los principales ríos y macizos. Fuente: Vences et al. 2009.

Recuadro 2.

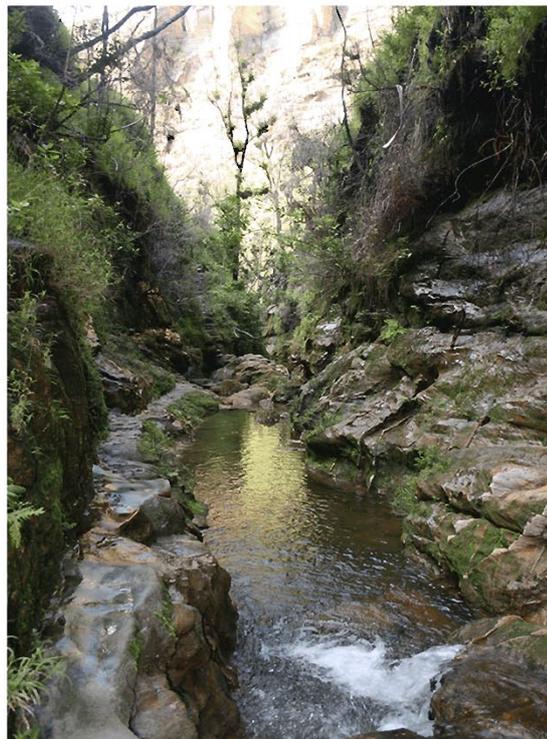
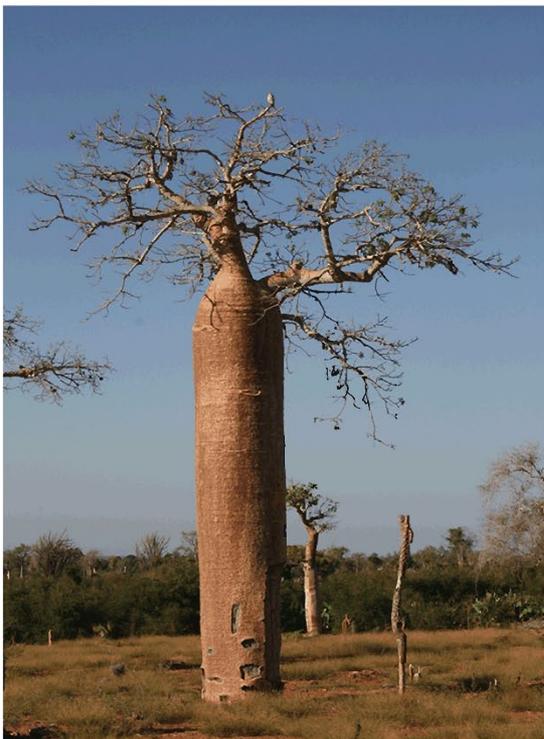


Mapa de Madagascar con la zonación bioclimática simplificada (siguiendo a Cornet 1974). Las regiones bioclimáticas se corresponden aproximadamente con los siguientes tipos de vegetación (Gautier & Goodman 2003; Recuadro 3, pág. 11): "húmedo" con área del bosque lluvioso; "sub-húmedo" con tierras altas centrales y área del bosque lluvioso de Sambinaro; "seco" con el área del bosque tropical de hoja caduca; "sub-árido" con el área de matorral espinoso y bosque seco de hoja caduca. Fuente: Imagen modificada a partir de Irwin et al. 2010.

## Regiones ecológicas naturales

A lo largo de las diferentes comunidades botánicas de Madagascar es posible encontrar una variación considerable en la fisonomía de los bosques, que tiene importantes implicaciones para el conjunto de organismos que habita en estas zonas, y que además ha adquirido un papel importante en la inducción de la especiación ecológica. Se han definido cinco tipos principales de vegetación (simplificado a partir de Gautier & Goodman, 2003):

- Área del bosque lluvioso - Precipitación anual > 2000 mm. Las precipitaciones disminuyen rápidamente hacia el norte y hacia el sur, de forma más gradual. La media de los rangos de temperatura mínima es de 18°C (0 m s.n.m.) - 10°C (< 800 m s.n.m.). Vegetación primaria es en su mayoría bosque lluvioso, con árboles que alcanzan 25-30 m de altura, con varios estratos y un sotobosque difuso. Alta riqueza de especies.
- Área de las tierras altas centrales - Se caracteriza por un bosque húmedo de hoja perenne en altitudes medias. El dosel vegetal alcanza los 25 m, con árboles con numerosas epífitas y con un sotobosque herbáceo de poco espesor. En zonas expuestas, en lugares sombreados, suelos pobres en nutrientes o en elevaciones más altas se produce otra formación que se conoce bosque esclerófilo de montaña, que alcanza hasta 10-12 m con árboles también con epífitas y sotobosque muy abierto y con suelo cubierto de musgos y líquenes.
- Área de bosque lluvioso de Sambirano - esta región es una banda estrecha en el lado occidental con unos 100 kilómetros de ancho. Recibe precipitaciones apreciables durante los meses más secos. Se caracteriza por un bosque lluvioso similar a la de la parte oriental de la isla y cuenta con numerosas afinidades florísticas.
- Área del bosque tropical de hoja caduca - caracterizado por un bosque denso con un dosel que alcanza los 20 m. Todos los árboles y la mayoría de los arbustos pierden sus hojas durante la estación seca. Las condiciones edáficas favorecen algunas variedades y formaciones vegetales singulares.
- Área del matorral espinoso y bosque seco de hoja caduca - Precipitación anual igual o menor a 700 mm. Muchas plantas tienen adaptaciones para acumular la humedad y reducir al mínimo la pérdida de agua.



# 06 Glosario



**Adaptación** - es una característica que es común en una población porque proporciona una mejora de alguna función. Las adaptaciones están muy ajustadas a su función y se originan por selección natural.

**Aislamiento ecológico** - se produce cuando dos o más especies o poblaciones de una especie se mantienen separadas unas de otras debido a factores de tipo ecológico como puede ser ocupar distintos tipos de hábitat, suelos, o mostrar diferencias en el comportamiento.

**Bioma** - es una comunidad ecológica de seres vivos, como microorganismos, plantas y animales, que se forma según el medio físico en el que viven. Por ejemplo, un bosque tropical es un bioma.

**Diversidad** - es una medida de la variedad de linajes de microbios, plantas o animales de la Tierra. Hay diferentes formas de medir la diversidad (o biodiversidad), por ejemplo, con el número de especies o linajes, la variación en morfología o la variación en las características genéticas.

**Endemismo** - es un taxón exclusivo de una localidad particular o territorio.

**Especiación** - es un suceso de formación de linajes que produce dos o más especies diferentes.

**Especiación geográfica** - es un evento de especiación que se produce cuando una barrera geográfica como una montaña o un río separa las poblaciones de una especie.

**Extinción** - es un evento en el que los últimos miembros de un linaje o especie mueren.

**Radiación adaptativa** - es un evento de especiación rápida en el cual un linaje diversifica rápidamente hacia la formación de nuevos linajes con adaptaciones diferentes.

**Taxon** - es cada una de las subdivisiones de la clasificación biológica. La especie se toma como unidad.

**Topografía** - es un conjunto de características superficiales de un terreno.

# 07 Referencias



**Ali JR, Krause DW** (2011) Late Cretaceous bioconnections between Indo-Madagascar and Antarctica: refutation of the Gunnerus Ridge causeway hypothesis. *Journal of Biogeography* 38:1855-1872.

**Barthlott W, Lauer W, Placke A** (1996) Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of phytodiversity. *Erdkunde* 50:317-327.

**Buerki S, Devey DS, Callmander MW, Phillipson P, Forest F** (2013) Spatio-temporal history of the endemic genera of Madagascar. *Botanical Journal of the Linnean Society* 171:304-3293.

**Ceballos G, Brown JH** (1995) Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology* 9:559-568.

**Cornet A** (1974) Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. Notice explicative no 55, ORSTOM, Paris.

**Crotini A, Madsen O, Poux C, Strauß A, Vieites DR, Vences M** (2012) Vertebrate time-tree elucidates the biogeographic pattern of a major biotec change around the K-T boundary in Madagascar. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 109:5358-5363.

**Gautier L, Goodman SM** (2003) Introduction to the Flora of Madagascar. In Goodman SM, Benstead JP (eds.) *The Natural History of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago.

**Ghanzorn JU, Wilmé L, Mercier JL** (2014) Explaining Madagascar's biodiversity. In Scales I (ed.) *Conservation and environmental management in Madagascar*. Earthscan Conservation and Development series. Routledge. New York.

**Goodman SM, Benstead JP eds** (2003) *The Natural History of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago.

**Hemingway C, Bynum N** (2005) The influence of seasonality on primate diet and ranging. In van Schaik C, Brockman D (eds.) *Seasonality in primates: Studies of living and extinct human and non-human primates*. Cambridge University Press, Cambridge.

**Holt BG, Lessard JP, Borregaard MK, Fritz SA, Araújo MB, Dimitrov D, Fabre PH, Graham CH, Graves GR, Jønsson KA, Nogués-Bravo D, Wang Z, Whittaker RJ, Fjeldså J, Rahbek C** (2013) An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. *Science* 338:74-78.

**Irwin MT, Wright PC, Birkinshaw C, Fisher BL, Gardner CJ, Glos J, Goodman SM, Loiselle P, Rabeson P, Raharison JL, Raherilalao MJ, Rakotondravony D, Raselimanana A, Ratsimbazafy J, Sparks JS, Wilmé L, Ganzhorn JU** (2010) Patterns of species change in anthropogenically disturbed forest of Madagascar. *Biological Conservation* 143:2351-2362.

**Krause DW, Prasad GVR, von Koenigswald W, Sahni A, Grine FE** (1997) Cosmopolitanism among Gondwana Late Cretaceous mammals. *Nature* 390:504-507.

**Krefth H, Jetz W** (2007) Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 104:5925-5930.

**Krüger M** (2007) Composition and origin of the Lepidoptera faunas of southern Africa, Madagascar and Reunion (Insecta: Lepidoptera). *Ann. Transvaal Museum* 44:123-178.

**Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca AB, Kent J** (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.

**O'Leary MA, Bloch JI, Flynn JJ, Gaudin TJ, Giallombardo A, Giannini NP, Goldberg SL, Kraatz BP, Luo ZX, Meng J, Ni X, Nockvacek MJ, Perini FA, Randall ZS, Rougier GW, Sargis EJ, Mary T, Silcox MT, Simmons NB, Spaulding M, Velazco PM, Weksler M, Wibbe JR, Cirranello AL** (2013) The placental mammal ancestor and the Post-K-Pg radiation of placentals. *Science* 339:662-667.

**Vences M, Wollenberg KC, Vieites DR, Lees DC** (2009) Madagascar as a model region of species diversification. *Trends in Ecology and Evolution* 24:456-465.

**Yoder A** (2013) Fossils versus clocks. *Science* 339:656-658.

El proyecto educativo de la Fundación Yelcho está auspiciado por:



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Protección  
Patrimonio Inmaterial  
[www.unesco-heritage.org](http://www.unesco-heritage.org)

Esta guía ha sido realizada por la Fundación Yelcho y financiada gracias a  
European Society of Evolutionary Biology

# Fundación Yelcho

Trabajando en las raíces



La Fundación Yelcho es una entidad privada que trabaja los valores de respeto por los animales y el medioambiente a través de la educación, la cooperación internacional, la investigación para la conservación y la colaboración con instituciones.

La Fundación Yelcho está adscrita al Ministerio español de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino con el registro 460007.

(BOE nº42, 18.02.2011. Sec. II, pág. 19107)

[www.fundacionyelcho.org](http://www.fundacionyelcho.org)

Email de contacto: [biodiversidad@fundacionyelcho.org](mailto:biodiversidad@fundacionyelcho.org)