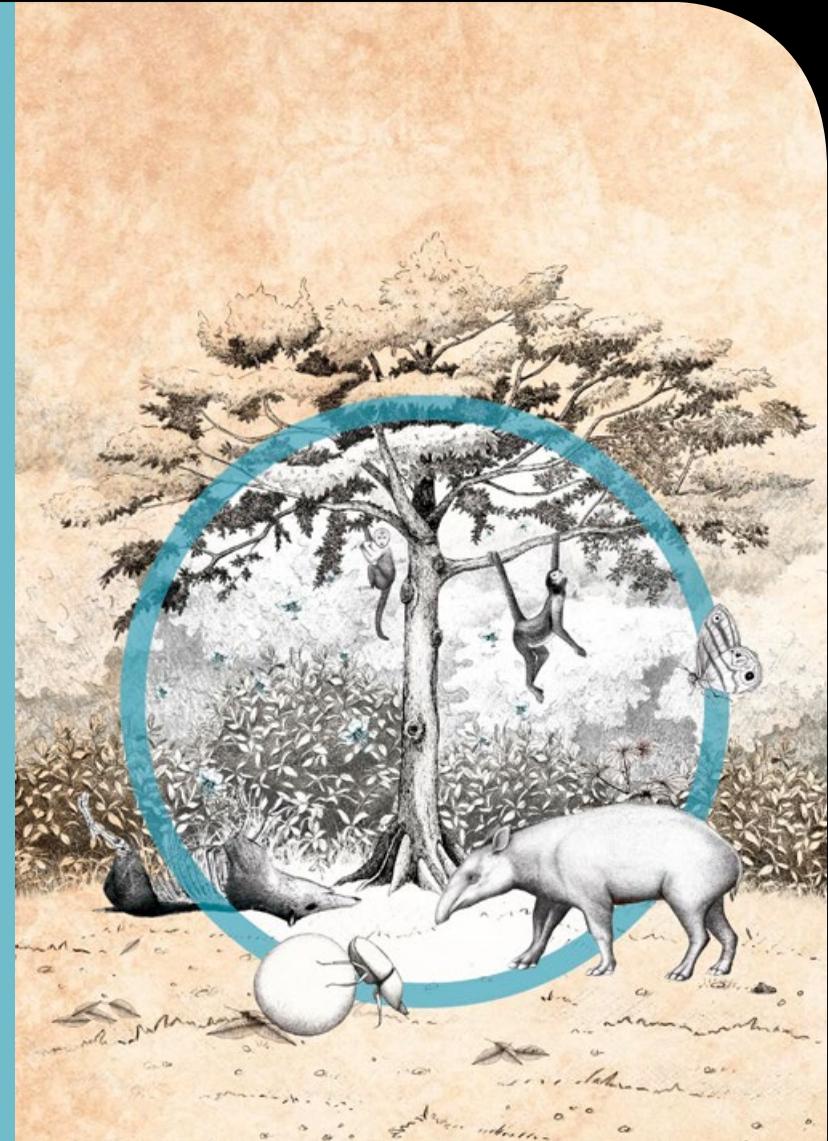


UNIDAD DIDÁCTICA

# Biodiversidad y funcionamiento DE LOS ecosistemas: mamíferos y carbono

Mar Sobral  
Carola Gómez-Rodríguez





# DESCATALOGADO



Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>



Esta obra se encuentra bajo una licencia internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra no incluida en la licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 solo puede ser realizada con la autorización expresa de los titulares, salvo excepción prevista por la ley. Puede Vd. acceder al texto completo de la licencia en este enlace: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



This work is licensed under a Creative Commons BY NC ND 4.0 international license. Any form of reproduction, distribution, public communication or transformation of this work not included under the Creative Commons BY-NC-ND 4.0 license can only be carried out with the express authorization of the proprietors, save where otherwise provided by the law. You can access the full text of the license at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

©Universidade de Santiago de Compostela, 2018

## Deseño e maquetación

José María Gairí

## Edición técnica

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico  
da Universidade de Santiago de Compostela  
Campus Vida  
15782 Santiago de Compostela  
[usc.es/publicacions](http://usc.es/publicacions)

ISBN

978-84-16954-72-8

DOI

<http://dx.doi.org/10.15304/9788416954728>

# Contenido

## Presentación

## Conceptos importantes

- 1. Biodiversidad y el ciclo del carbono
- 2. Conceptos básicos abordados en esta unidad didáctica que están presentes en el currículo de la Enseñanza Secundaria
- 3. Conceptos abordados en esta unidad didáctica que tienen presencia tangencial en el currículo de la Educación Secundaria

## Contextualización

## Competencias clave (CC)

- Competencia en comunicación lingüística (CCL)
- Competencia digital (CD)
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCCT)
- Competencias sociales y cívicas (CSC)
- Aprender a aprender (CAA)

## Objetivos

## Contenidos transversales. Interdisciplinariedad

## Evaluación

- Procedimientos de evaluación
- Criterios para la evaluación del proceso de enseñanza y de la práctica docente

## Recursos

- <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0334-0>
- <https://vimeo.com/242292455> (español)
- <https://vimeo.com/218616392> (inglés)

## Actividades

- Actividad 1: La actividad científica y las mujeres
- Actividad 2: La vida es diversa
- Actividad 3: El ser humano es natural
- Actividad 4: El ser humano es creativo
- Actividad 5: La belleza en la diversidad
- Actividad 6: El origen del conocimiento científico
- Actividad 7: El ciclo del carbono
- Actividad 8: Nubes de puntos

## Presentación

Esta unidad didáctica enraza en los conceptos de biodiversidad y funcionamiento de los ecosistemas, conceptos que han sido manejados en ecología al menos desde 1859 por Darwin en *El origen de las especies*. También se aborda la importancia de los diferentes servicios proporcionados por el ecosistema y, por tanto, la relación del hombre con el medio. Todos estos contenidos básicos forman parte del currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en España y están recogidos en la mayoría de los manuales de texto.

El objetivo fundamental de esta unidad didáctica es el de conseguir en el alumnado una reflexión sobre la complejidad de las interacciones entre el hombre y el medio natural y una sensibilización hacia los contenidos abordados. Se pretende contribuir al espíritu crítico y ofrecer herramientas que ayuden al alumnado a enfrentarse a un momento difícil de nuestra historia, **el cambio global**, y fomentar así su participación en acciones y comportamientos dirigidos a conservar el planeta.

El aspecto más conocido del **cambio global** es el **cambio climático**, aspecto sobre el cual se han realizado importantes campañas de información y sensibilización. No obstante, el cambio global tiene numerosas dimensiones, desde los cambios en los usos del suelo (urbanización etc.) a la **pérdida de biodiversidad**. De hecho, estudios científicos alertan de que estaríamos ante la Sexta Gran Extinción del planeta, la Gran Extinción del Antropoceno; que estaría siendo causada directamente por el ser humano; al contrario que las anteriores que estuvieron relacionadas con sucesos naturales y estocásticos. En este sentido, el enfoque de esta unidad es novedoso porque, si bien está centrado en la biodiversidad, no lo hace desde un punto de vista de su desaparición sino enfatizando la contribución de la diversidad

a otros aspectos del funcionamiento de los ecosistemas. Por tanto, se evidencian las implicaciones que una pérdida de diversidad tiene en relación con otros aspectos menos visibles de la Naturaleza. La idea clave es básica: En un ecosistema, las plantas fijan el carbono atmosférico. Es decir, convierten el carbono inorgánico de la atmósfera en carbono orgánico que queda disponible para los animales de la red trófica. Es por tanto intuitivo que especies diferentes de plantas pueden fijar carbono de manera distinta, lo que conlleva que una mayor diversidad de plantas contribuya a una mayor fijación de carbono pues existiría complementariedad entre dichas especies de plantas. Sin embargo, ya que los animales interactúan con las plantas y se nutren de ellas, tienen también un efecto en el flujo biogeoquímico del carbono. Y esta relación, mucho menos obvia, es la que se discute en esta unidad didáctica. Para ello los alumnos necesitan estar familiarizados con los conceptos de **ecosistema, funcionamiento de los ecosistemas y servicios de los ecosistemas**, así como los conceptos de **comunidad biológica, especie e interacciones entre especies**. Además, deben conocer aspectos básicos sobre la **fotosíntesis, el dióxido de carbono y el ciclo de carbono**, en general. Todos estos conceptos serán trabajados a lo largo de las diferentes actividades diseñadas en esta unidad didáctica. Por último, se discutirá cómo la ciencia ha comprendido esta relación y para ello se introducirá el método hipotético-deductivo clásico, basado en el planteamiento **de hipótesis y predicciones**. También se reflexionará sobre la importancia del **conocimiento ecológico tradicional**.

Esta unidad se fundamenta en conocimiento básico recogido en los manuales dirigidos al alumnado de Educación Secundaria, así como una aportación científica reciente (Sobral, M. et al. Nat. Ecol. Evol. <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0334-0>, 2017). Por tanto, los aspectos específicos de este tema, principalmente relacionados con este artículo científico y por tanto no recogidos en libros de texto, se exponen a continuación.

## Conceptos importantes

En este apartado se incluye un pequeño resumen de conceptos importantes trabajados en esta unidad didáctica y que no suelen estar recogidos en los libros de texto dirigidos al alumnado de Secundaria o, por lo menos, no con el enfoque requerido para esta unidad didáctica.

### 1. Biodiversidad y el ciclo del carbono

La materia viva está compuesta por carbono y, por tanto, el funcionamiento del ciclo del carbono es esencial para la vida. Este ciclo del carbono conecta la atmósfera con los organismos y la Tierra. En este sentido, los bosques tropicales, donde se concentra la mayor diversidad vegetal del planeta, son fundamentales en este ciclo ya que sus árboles capturan carbono regulando el clima. Pero un bosque no está formado sólo por plantas. Son numerosos los organismos que lo conforman y que también tienen un papel importante en el ciclo del carbono. En particular, en esta unidad didáctica se explora el papel de la diversidad de mamíferos en el ciclo del carbono en el Amazonas. Con ello, se refuerza la necesidad de conservar la diversidad de plantas y de mamíferos en los bosques tropicales ya que esto incrementa el funcionamiento del ciclo del carbono y ayudará a paliar los efectos del cambio climático.

## 2. Conceptos básicos abordados en esta unidad didáctica que están presentes en el currículo de la Enseñanza Secundaria

### 2.1. Ecosistemas, funcionamiento y servicios

Se recomienda enfatizar el papel de los flujos de materia y energía en el ecosistema, así como la complejidad de las redes tróficas. Entre los servicios del ecosistema se recomienda destacar tanto los servicios materiales (ej. producción de alimentos) como los inmateriales (ej. belleza del ecosistema).

### 2.2. Interacciones entre especies y concepto de comunidad biológica

Se recomienda incidir en la diferencia entre población y comunidad biológica, así como en los diferentes tipos de interacciones entre especies, destacando mutualismos como la frugivoría (que lleva implícita la dispersión de semillas) y antagonismos como la herbivoría y la depredación.

### 2.3. Biodiversidad y su pérdida

Se recomienda introducir el concepto de biodiversidad global y destacar la contribución de las selvas tropicales a la misma. De esta forma, se puede profundizar en las principales amenazas a la diversidad a escala mundial y en las específicas de las zonas tropicales (ej. tala masiva de árboles por intereses económicos).

### 2.4. Ciclo del carbono y calentamiento global

Enlazando con el punto anterior (amenazas a la diversidad), hay que destacar que, en el ciclo del carbono, la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico antes de la industrialización estaba regulada por los organismos

fotosintéticos y los fenómenos geológicos. Actualmente, la actividad humana está alterando el ciclo natural del carbono, principalmente por la combustión de madera y combustibles fósiles. En relación con esto, se deben introducir los conceptos de efecto invernadero y calentamiento global.

Es importante que quede claro que el principal actor biológico en el ciclo del carbono son las plantas, que capturan carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis. En este proceso las plantas usan la energía lumínica para fabricar hidratos de carbono absorbiendo dióxido de carbono de la atmósfera y expulsando oxígeno. Cada año los organismos fotosintetizadores fijan en forma de materia orgánica en torno a 100,000 millones de toneladas de carbono.

#### 2.5. Hipótesis y conocimiento científico

Se recomienda enfatizar que, en nuestro objetivo de conocer cómo funciona el mundo que nos rodea, existen formas de trabajar diferentes, que en general se conocen como prácticas científicas, y que pueden ser tan diferentes como construir modelos teóricos, evaluar conocimiento en base a observaciones o planificar y diseñar experimentos. También es recomendable aclarar las diferencias entre los métodos inductivos y los basados en formulación de hipótesis.

### 3. Conceptos abordados en esta unidad didáctica que tienen presencia tangencial en el currículo de la Educación Secundaria

#### 3.1. Papel de la biodiversidad en el funcionamiento de un ecosistema

Cada especie tiene un rol en la naturaleza y por tanto existe un efecto de complementariedad entre especies en el uso de recursos de tal manera que un mayor número de especies está relacionado con una mayor eficiencia en la utilización de los recursos. Además, cuando en un ecosistema existe un gran número de especies diferentes, es decir, una alta diversidad, aumenta la probabilidad de que especies con mayores tasas de productividad (por ejemplo, mayor crecimiento y biomasa acumulada) estén presentes. Por este motivo, la diversidad biológica no tiene sólo un gran valor intrínseco como resultado del proceso de evolución que ha tenido lugar durante millones de años en la Tierra. Además, para el ser humano, tiene un valor añadido ya que se considera que la biodiversidad aporta servicios a la humanidad. Por ejemplo, debido a la relación entre diversidad y acumulación de carbono, la diversidad puede disminuir la concentración de carbono en la atmósfera y por tanto mitigar el cambio climático.

#### 3.2. Mamíferos y carbono

Todos los seres vivos están compuestos de carbono. Las plantas capturan carbono de la atmósfera, y lo acumulan en su biomasa y cuando se mueren este carbono termina pasando al suelo; en el suelo, con la ayuda de la actividad microbiana, entre otras, parte de este carbono se mineraliza y vuelve a la atmósfera y otra parte se acumula en formas estables. Cuanta mayor cantidad de carbono esté fijada en los seres vivos y en el suelo, menos carbono habrá en la atmósfera, lo que mitigará los efectos del cambio climático. Pero una comunidad biológica



El mono ardilla (*Saimiri* spp.), habitual en los bosques tropicales de Latinoamérica, se alimenta principalmente de frutos e insectos. Foto de J.M.V. Fragoso

no está formada sólo por plantas, sino por otros muchos organismos también, entonces ¿cuál es el papel de los animales en este ciclo?

Sabemos que la diversidad de plantas aumenta la captura de carbono y que las plantas y los animales interactúan entre sí. Basándose en esta premisa, en el artículo científico sobre el que se basa esta unidad didáctica se estudió si los mamíferos también juegan un papel en este ciclo ya que se relacionan con las plantas, comiendo sus frutos, hojas, flores, dispersando sus semillas, etc. Por tanto, se planteó que los flujos de materia y energía que aumentan gracias a la diversidad de plantas también podrían aumentar gracias a la diversidad de mamíferos. Formularon así la siguiente hipótesis: la diversidad de mamíferos aumenta la cantidad de interacciones entre especies y la cantidad de restos orgánicos (cadáveres, heces, etc) y por tanto aumenta la cantidad de carbono que se acumula en el suelo.

Para comprobar esta hipótesis, el equipo de investigación que realizó este estudio siguió un método científico basado en la observación de la naturaleza e hizo uso del conocimiento ecológico tradicional de varias tribus indígenas de los bosques tropicales de Guayana.

Durante esta investigación se observó una relación entre el número de especies de mamíferos y la concentración de carbono en el suelo en el Amazonas. Esta relación se detectó incluso teniendo en cuenta el efecto de factores tales como la abundancia de animales, la diversidad y densidad de árboles, la localización geográfica, la precipitación, la temperatura y la perturbación humana. Tal resultado demuestra que la diversidad de mamíferos afecta al ciclo del carbono en el Amazonas. Esta información es crítica para fomentar la cooperación entre la actividad humana y servicios generados por la naturaleza tan trascendentales como la mitigación del cambio climático.



Esqueleto de peccarí. Ilustración de Sonia García

### 3.3. Conocimiento ecológico tradicional

El **conocimiento ecológico tradicional** es el cuerpo de conocimiento acumulado por indígenas y poblaciones locales a lo largo de cientos de años en contacto directo con el ambiente. Este conocimiento es específico de una localidad e incluye las relaciones entre animales, plantas, fenómenos naturales y paisaje. Es un conocimiento que se usa para practicar caza, pesca, etc.

En la investigación sobre la relación entre la diversidad de mamíferos y el ciclo del carbono, los autores del artículo científico anteriormente citado recurrieron a las prácticas y habilidades tradicionales de cientos de indígenas de Guayana que censaron animales durante tres años en una región de la Amazonía de 5 millones de hectáreas. Los indígenas, que poseían un conocimiento experto de la zona que habitaban, identificaron miles de animales, árboles, restos orgánicos (heces, cadáveres, restos vegetales, etc) e interacciones entre especies.

Este conocimiento ecológico tradicional fue de esta forma transferido al equipo de investigación que analizó estos datos (junto a datos obtenidos directamente por ellos sobre la cantidad de carbono en suelos y árboles) y que les permitió identificar una fuerte relación entre la diversidad de mamíferos y el carbono en la tierra y en la masa vegetal, mediada por las interacciones entre especies. Este es un ejemplo paradigmático de cómo el avance científico puede beneficiarse del **conocimiento ecológico tradicional** de las poblaciones indígenas.



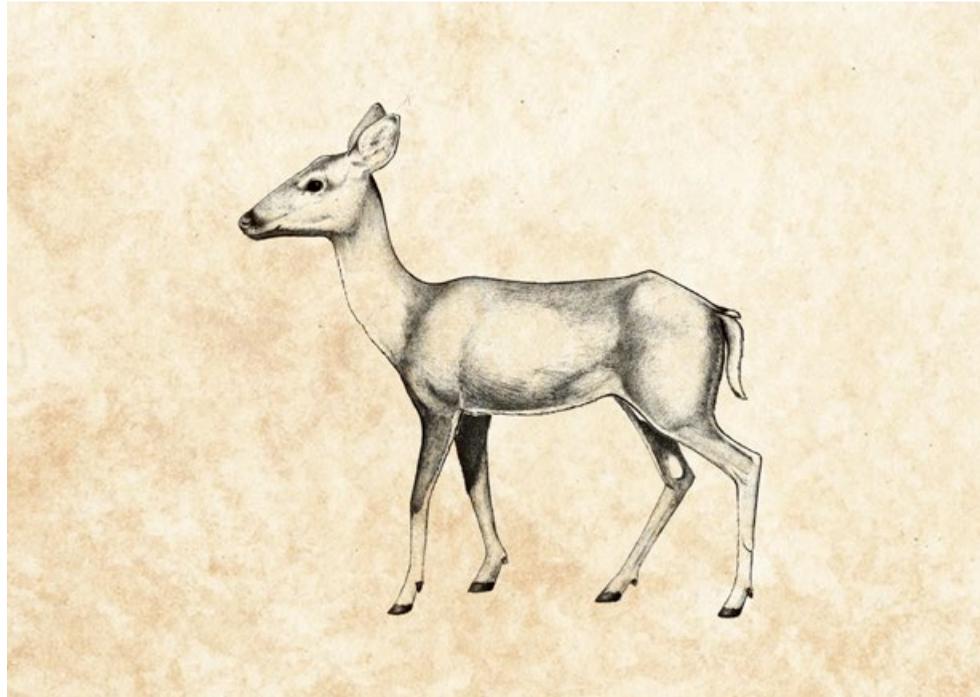
Tapir defecando. Ilustración de Sonia García



Niñas indígenas de Guayana pertenecientes a las tribus que participaron en el estudio científico en el que se basa esta unidad didáctica. Foto de J.M.V. Fragoso

## Contextualización

I - Esta unidad ha sido diseñada para un curso de Biología y Geología de 4º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), siguiendo los criterios establecidos en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, en España para la mejora de la calidad educativa. Se encuadra dentro del tercer bloque de contenidos (Ecología y Medio Ambiente), previsto en el Decreto 86/2015, de 25 de junio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia, España. Esperamos que además pueda ser útil como material didáctico en cualquier país hispanófono.



*Odocoileus virginianus*. Ilustración de Sonia García

## Competencias clave (CC)

Las materias de carácter científico deben contribuir curricularmente a todas las competencias establecidas en la Ley de Educación (LOMCE) en España y desarrolladas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Con este objetivo, en esta unidad didáctica se desarrollan las siguientes competencias:

### **Competencia en comunicación lingüística (CCL)**

Se fomentará el diálogo y el debate en la puesta en común de ideas. Se potenciará la interacción con otras personas de forma oral o escrita.

### **Competencia digital (CD)**

La búsqueda y consulta de información requerirá, principalmente, el empleo de tecnologías de la información de una forma segura y crítica.

### **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCCT)**

Es importante señalar que el desarrollo de estas competencias es el fundamento principal de esta unidad. Los alumnos tendrán la oportunidad de interpretar el medio natural y las repercusiones de su propia actividad en él, identificar problemas ambientales, interpretar datos científicos y utilizar el conocimiento adquirido para la modificación de

hábitos de vida. Además, se desarrollarán estrategias para comprender y utilizar los conocimientos y la metodología científica.

### **Competencias sociales y cívicas (CSC)**

Esta unidad fomenta la reflexión crítica sobre el papel de los mamíferos, entre ellos el hombre, en el medio ambiente.

### **Aprender a aprender (CAA)**

La unidad didáctica está basada en la adquisición de nuevo conocimiento científico, lo cual está relacionado directamente con la adquisición de motivaciones y capacidades que permitan un aprendizaje de por vida. Además, la unidad pretende implicar al alumnado en el trabajo individual y colaborativo.

## Objetivos

- a) Conocer y valorar críticamente los principios fundamentales de la investigación y el método científico.
- b) Valorar la naturaleza y promover una visión del mundo global y no antropocéntrica.
- c) Identificar diferentes tipos de relación existentes entre la humanidad y el resto de la biodiversidad animal y vegetal.
- d) Identificar los conceptos principales de la relación entre diversidad y carbono y su influencia potencial sobre la salud del planeta.
- e) Utilizar tecnologías de la información para la búsqueda de información tanto de fuentes no formales (por ejemplo, wikipedia) como de fuentes formales (revistas científicas).

**Tabla de interrelación entre objetivos, contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables y competencias.**

Objetivos	Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables	CC
a	1. El vocabulario científico en la expresión oral y escrita.	1.1. Utilizar adecuadamente el vocabulario científico en un contexto preciso y adecuado a su nivel.	1.1. Identifica los términos más frecuentes del vocabulario científico, y se expresa de manera correcta tanto oralmente como por escrito.	CCL, CMCCT
a, e	2. Metodología científica: Investigación y elaboración de hipótesis, y comprobación y argumentación a partir de la experimentación o la observación.	2.1. Buscar, seleccionar e interpretar la información de carácter científico, y utilizarla para formar una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con el medio natural y el medio ambiente. 2.2. Elaborar hipótesis y contrastarlas a través de la experimentación o de la observación y la argumentación. 2.3. Valorar la importancia del avance científico.	2.1.1 Busca, selecciona e interpreta la información de carácter científico a partir de la utilización de diversas fuentes. 2.1.2. Busca información mediante el uso de las tecnologías de la información. 2.1.3. Transmite la información seleccionada de forma precisa, utilizando diversos soportes. 2.2.1 Utiliza argumentos que justifiquen las hipótesis que propone y es capaz de exponerlas delante de un colectivo. 2.2.2. Valora los pros y los contras de las diferentes formas de recogida de datos en investigación. 2.3.1. Aprecia la creatividad inherente al avance científico y muestra interés por el conocimiento básico independientemente de su aplicabilidad.	CD, CAA CD,CCL,CAA CCL,CMCCT CMCCT,CCL CMCCT,CAA CMCCT,CAA
b, c	3. Ecosistemas y humanos. Funcionamiento y servicios de los ecosistemas.	3.1. Determinar a partir de la observación las adaptaciones que permiten a los animales y a las plantas sobrevivir en determinados ecosistemas. 3.2. Explicar los conceptos de ecosistema, población, comunidad, hábitat y nicho ecológico. 3.3. Reflexionar y fundamentar el funcionamiento y servicios de los ecosistemas.	3.1.1. Identifica el concepto de ecosistema y distingue sus componentes, relaciones y funcionamiento. 3.2.1. Comprende desde un punto de vista teórico y analítico las diferencias y límites entre ecosistema, población, comunidad y hábitat. 3.3.1. Es capaz de apreciar y valorar en su relevancia el funcionamiento y servicios que aportan los ecosistemas.	CMCCT CMCCT CMCCT, CAA
c,d	4. La actividad humana y el medio ambiente. Impactos y valoración de las actividades humanas en los ecosistemas. 5. El ciclo del carbono y su relación con el cambio climático.	4.1. Contrastar algunas actuaciones humanas sobre diferentes ecosistemas, valorar su influencia y argumentar las razones de ciertas actuaciones individuales y colectivas para evitar su deterioro. 5.1. Identificar las ideas principales presentes en textos de divulgación/información científica sobre cambio climático y pérdida de biodiversidad.	4.1.1. Argumenta sobre las actuaciones humanas que tienen una influencia negativa sobre los ecosistemas: contaminación, desertización, agotamiento de recursos, etc. 5.1.1. Interpreta datos que relacionan la diversidad y el contenido del carbono recogidos en un trabajo publicado en una revista científica. 5.1.2. Toma conciencia del impacto del ser humano en el ciclo del carbono y, por lo tanto, en la conservación del planeta.	CSC, CCL, CMC, CT CAA, CMCCT CSC, CAA, CMCCT
b, c	6. La biodiversidad y su pérdida. Diversidad animal y vegetal.	6.1. Conocer y apreciar la diversidad animal y vegetal aplicando categorizaciones taxonómicas y valorando sus beneficios sistémicos y estéticos.	6.1.1. Conoce el principio de la diversidad de las diferentes especies y el acercamiento científico a ella. 6.1.2. Reconoce la importancia trascendental de esta diversidad y las consecuencias de su pérdida. 6.1.3. Utiliza el nombre científico de especies animales para la identificación inequívoca de las mismas.	CMCT CMCCT,CAA CMCT
	7. Las plantas y los animales. Interacciones entre especies. Las interacciones planta-animal. Antagonismos y mutualismos.	7.1. Explicar las diferentes formas de interacción entre animales y plantas, reconociendo en ellas principios básicos del funcionamiento de los ecosistemas y de la biodiversidad.	7.1.1. Sabe diferenciar los comportamientos antagonísticos y mutualistas en la relación entre las plantas y los animales. 7.1.2. Valora el derecho a existir de todos los seres vivos y del ser humano al mismo nivel.	CMCCT CMCCT, CSC



Tamandua llevando a su cría. Ilustración de Sonia García

## Contenidos transversales. Interdisciplinariedad

Esta unidad se presta de manera efectiva al tratamiento y enfoque de diversos temas y contenidos transversales, como son, por ejemplo:

### Educación para el respeto a la naturaleza

- El derecho a existir como valor y aspiración fundamental de los seres vivos, incluyendo al ser humano.
- La reflexión científica como instrumento de reforma y cambio.

### Educación para la cooperación internacional y la interculturalidad

- Interiorización de la relevancia del saber ecológico tradicional de las sociedades indígenas como fuente de conocimiento. Comprensión y valoración de esa riqueza intercultural y del producto del trabajo colaborativo.

### Educación para la igualdad

- El reconocimiento de la capacidad y la importancia del papel de la mujer en la investigación científica y de la necesidad de igualar su rol al del hombre, asumiendo críticamente los factores de desigualdad y discriminación.

Asimismo, es necesario destacar que esta unidad tiene puntos de encuentro y afinidad con otras disciplinas, factor que da pie a la colaboración entre diversas áreas en aspectos como:

- Análisis conjunto con el seminario de Geografía e Historia de las diferentes regiones del mundo y sus diferentes niveles de biodiversidad e importancia para la conservación.

- Colaboración con el seminario de Matemáticas en la exploración de los datos en los que se basa el trabajo científico que da lugar a esta unidad didáctica.
- Interrelación con el seminario de Inglés a la hora de usar material (del que se facilitará la traducción) y la búsqueda de información de fuentes en esta lengua.



Tucán y palmera. Ilustración de Sonia García

## Evaluación

### Procedimientos de evaluación

La evaluación, cuyos criterios han quedado establecidos en la tabla de interrelación, fijará su atención en tres momentos diferentes:

**Inicial:** se tendrán en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, su participación en los coloquios y su grado de comprensión de los videos y textos objeto de lectura.

**Procesual:** observación directa y corrección de las actividades y ejercicios realizados, así como de su adecuación. .

**Final:** esta unidad será objeto de una evaluación final cuyo diseño será determinado por el docente teniendo en cuenta los criterios establecidos.

Además, la unidad estará sujeta a una constante autoevaluación, con el fin de detectar las posibles carencias o deficiencias en la programación o adecuación de contenidos y actividades, y ofrecer a los alumnos una respuesta flexible y adecuada al proceso de enseñanza y aprendizaje.

### Criterios para la evaluación del proceso de enseñanza y de la práctica docente

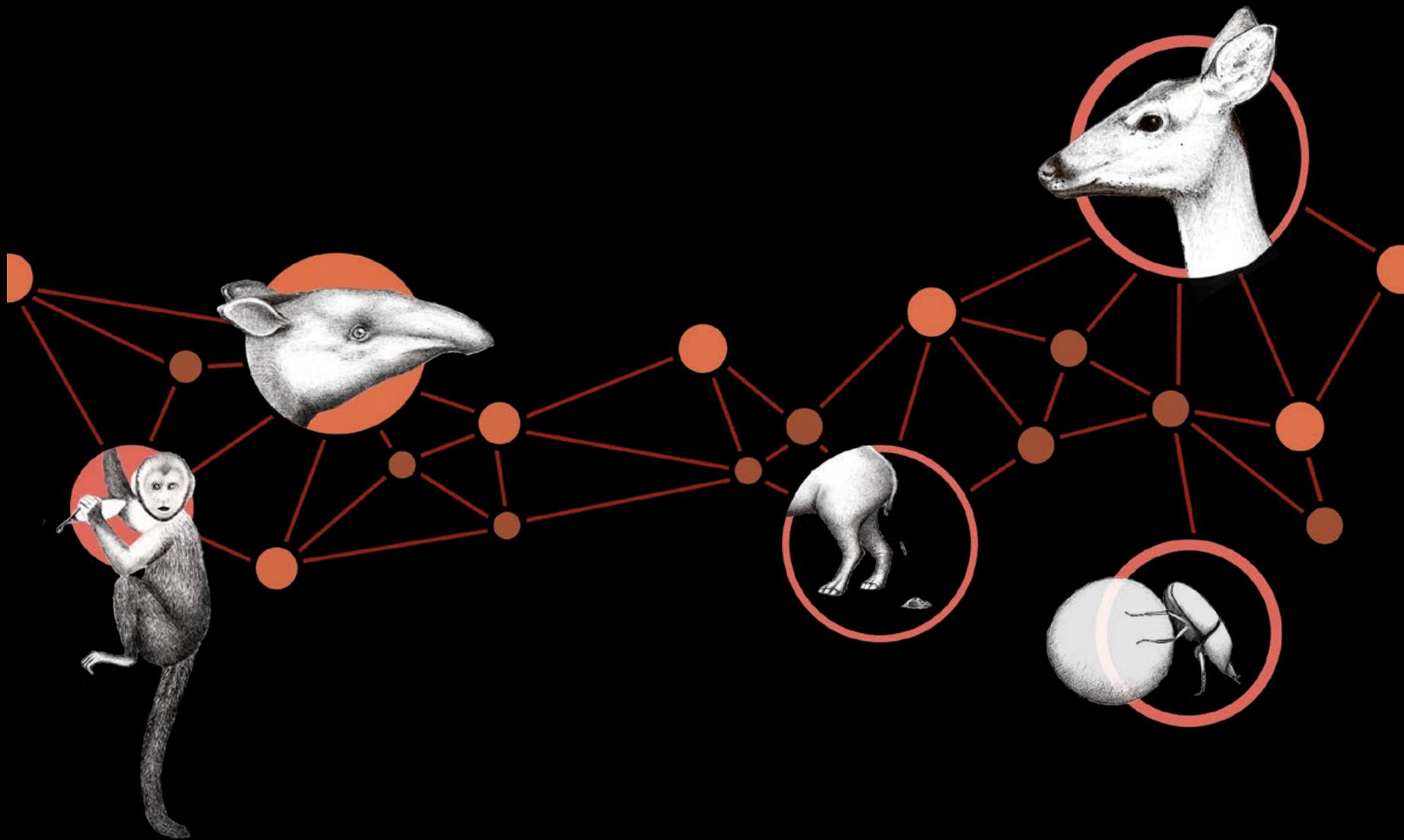
- El nivel de dificultad fue adecuado a las características del alumnado.
- Se consiguió crear un conflicto cognitivo que favoreció el aprendizaje.
- Se consiguió motivar para lograr la actividad intelectual del alumnado. .
- Se consiguió la participación activa de todo el alumnado.
- Se adoptaron medidas curriculares para atender a los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE).
- Se adoptaron medidas organizativas para atender a los alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE).
- Se atendió adecuadamente la diversidad del alumnado.
- Se usaron distintos instrumentos de evaluación.
- Se dio un valor real a la observación del trabajo en el aula.
- Se valoró el trabajo colaborativo de los alumnos dentro del grupo.

## Recursos

Los principales recursos materiales son: el video de divulgación en español (<https://vimeo.com/242292455>) creado para difundir los resultados de este trabajo *Mammal diversity influences the carbon cycle through trophic interactions in the Amazon*, *Nature Ecology and Evolution* (2017) <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0334-0>; el libro de texto (para apoyar la explicación de conceptos como la fotosíntesis) y la prensa diaria (noticias sobre pérdida de biodiversidad y cambio climático).



*Euglossa* spp. Ilustración de Sonia García



## Actividades

A continuación, se desarrollan varias actividades que requieren un papel activo del alumnado y poseen un hilo conductor común (el artículo científico en el que se basa esta unidad didáctica). Las actividades difieren en su enfoque, metodología y nivel de dificultad. Desarrollamos dos tipos de actividades:

*Actividades de introducción y motivación:* (A.1) la mujer en ciencia, (A.2) la familiarización con la taxonomía y el naturalismo, (A.3) la identificación con lo natural, (A.4) el disfrute de la creación científica, (A.5) la valoración de la belleza en la diversidad.

*Actividades de desarrollo:* (A.6) la comprensión del origen del conocimiento científico, (A.7) la expresión de la información aprendida, (A.8), la comprensión de información representada esquemáticamente.

### Actividad 1: La actividad científica y las mujeres

Esta actividad tiene como eje fundamental la película sobre la vida de Marie Curie (hay varias versiones, por ejemplo, la que lleva el título *Marie Curie*, dirigida por Marie Noëlle en 2017), la cual debe visualizarse fuera del aula para, a partir de ella, incentivar el interés del alumnado sobre la creación científica mientras se aborda el tema transversal de la igualdad de género.

#### (A.1) Información para el profesor

El profesor ha de recomendar la visualización de la película a sus alumnos para, posteriormente en el aula, poder establecer un debate sobre aspectos relevantes que en ella se abordan.

#### (A.1) Enunciado para el alumno

¿Qué es lo que más te sorprendió de esta película?, ¿Qué crees que llevó a la protagonista a dedicarse a la ciencia?, ¿Crees que algo habría sido diferente si ella hubiese sido un hombre?, ¿Y si su labor se hubiese desarrollado en el siglo XXI, hubiese cambiado algo?

## Actividad 2: La vida es diversa

Esta actividad pretende la familiarización con la taxonomía y el naturalismo. Se basa en la visualización del siguiente video <https://www.youtube.com/watch?v=IVMV3StvLCs>.

### (A.2) Información para el profesor

Esta actividad se realizará en clase y ocupará media sesión. Los alumnos deberán ver un video de *Conservation International* sobre la importancia de los arrecifes de coral. Es un vídeo sencillo y corto en inglés al que se le pueden añadir subtítulos. Se recomienda visualizarlo 2-3 veces y que, en una de ellas, el profesor realice una traducción simultánea de la locución. Los alumnos deberán identificar el valor ecológico y el interés para la conservación de los arrecifes de coral a partir de este video, así como los principales grupos animales que en él aparecen con el objetivo de ser conscientes de la gran diversidad que albergan. En el caso de que no conozcan los nombres de los grupos animales, es suficiente si identifican tipos de animales diferentes, de forma que pudieran realizar un simple conteo.

### (A.2) Enunciado para el alumno

Identifica todas las clases animales que conozcas y que aparecen en el vídeo. Intenta establecer las relaciones entre ellas. Reflexiona sobre la importancia de la conservación de los arrecifes de coral en general y el valor de este arrecife de coral en concreto. Identifica posibles soluciones al conflicto ecológico existente.

## Actividad 3: El ser humano es natural

Esta actividad persigue la reflexión en el alumno para que llegue a ser consciente de su pertenencia a la naturaleza. Utilizará el siguiente texto (<http://www.greenpeace.org/espana/es/GPmagazine/GPM21/Amazonas-amenazado>, Texto de Cristina Castro).

### (A.3) Información para el profesor

Esta actividad se realizará en clase y ocupará media sesión. Se basa en el análisis de un texto extraído de la prensa. Los alumnos leerán el texto proporcionado e intentarán realizar las tareas explicadas en el enunciado que se presenta a continuación. Posteriormente se abrirá un debate en clase con el fin de poner en común las aportaciones de los alumnos y realizar una construcción conjunta del conocimiento. La idea es incentivar una reflexión en el alumnado que le lleve a ver que los humanos, y todo lo que de ellos se deriva (incluidos el barco de Greenpeace y la IUCN, mencionados en el texto), son parte de la naturaleza. Esta actividad también pretende que los alumnos sean conscientes de cómo la actividad humana puede dañar ecosistemas de gran importancia ecológica y que, a su vez, el ser humano forma parte de esa naturaleza, la cual debe valorar y proteger. El profesor puede utilizar esta discusión para hablar de cómo las tribus indígenas -que se relacionan con el medio en que se hizo el estudio- también pertenecen a la naturaleza (por ejemplo, afectan a las poblaciones animales dependiendo del tipo de caza que realizan) y así mismo su conocimiento ecológico tradicional es parte de la misma naturaleza (se origina de esta y la afecta) y por tanto es un bien natural y cultural que merece la máxima valoración y protección. No se pretende imponer una visión filosófica única en el alumnado, pero sí propiciar la reflexión sobre el tema.

### (A.3) Enunciado para el alumno

A continuación, lee el siguiente texto sobre las amenazas que existen sobre un arrecife de coral de la costa de Brasil y el intento de protección de este por parte de una Organización No Gubernamental (ONG). Subraya todos los sustantivos y haz una lista con los sustantivos que pertenezcan a la categoría de “natural” y otra lista de los sustantivos que pertenezcan a la categoría de “no natural”.

<http://www.greenpeace.org/espana/es/GPmagazine/GPM21/Amazonas-amenazado> (Texto de Cristina Castro).

Junto al río Amazonas, justo donde se une con el océano Atlántico, se ha descubierto recientemente un nuevo arrecife que abarca 9.500 kilómetros cuadrados, el equivalente a 15 veces la ciudad de Madrid. Corales, esponjas, algas calcáreas y peces como el atún, componen este nuevo ecosistema marino amenazado ahora por las prospecciones petrolíferas en la zona.

El barco de Greenpeace Esperanza se desplazó a Brasil y obtuvo las primeras imágenes de los corales en una expedición en la zona. El equipo utilizó un submarino especial con capacidad para dos personas con el que consiguió descender a más de 200 metros de profundidad. “Este arrecife es importante por varias razones: se trata de un sistema único en cuanto al uso y la disponibilidad de luz y a las condiciones fisicoquímicas del agua, tiene un gran potencial para albergar nuevas especies y también es importante para la economía de las comunidades pesqueras locales”, ha declarado Nils Asp, investigador de la Universidad Federal de Pará (Brasil).

Mientras los expertos han comenzado a estudiar el arrecife y sus implicaciones, las empresas petrolíferas Total y BP ya están planeando explorar la zona en busca de petróleo. Se estima que las reservas son aproximadamente de 15.000 a 20.000 millones de barriles.

“Debemos defender el arrecife y toda la región de la boca de la cuenca del Amazonas de la avaricia de las empresas que anteponen los beneficios económicos al medio ambiente y a las personas. Una de las zonas que podría explorar la petrolera Total se encuentra a tan solo ocho kilómetros del arrecife, y el proceso de autorización ambiental ya se ha iniciado”, ha declarado Elvira Jiménez, responsable de Océanos de Greenpeace.

“Tras ratificar el acuerdo de Brasil, su Gobierno debe mostrar que su lucha contra el cambio climático es firme, y dejar los combustibles fósiles de esta zona bajo el lecho marino”, ha añadido Jiménez.

Las perforaciones petrolíferas en esta región supondrán una amenaza constante de vertido. El Parque Nacional del Cabo Naranja, el punto más al norte del estado brasileño de Amapá, aloja el ecosistema continuo de manglar más grande del mundo, y no existe ninguna tecnología disponible que pudiese limpiar un vertido si sucediera en una zona de estas características. El riesgo se incrementa por la presencia de fuertes corrientes y el sedimento que transporta el río Amazonas. Hasta el momento se han perforado 95 pozos, de los cuales se han abandonado 27 como resultado de incidencias mecánicas y el resto debido a la ausencia de gas o petróleo cuya extracción sea económica o técnicamente viable.

La boca del Amazonas es el hábitat del manatí del Caribe, la tortuga terecay y la nutria gigante, una especie en peligro de extinción según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). También es el hogar de poblaciones pesqueras locales y de 80 comunidades indígenas Quilombola que dependen de los recursos de esta zona para su actividad económica.

#### **Actividad 4: El ser humano es creativo**

Visualización del video <https://vimeo.com/242292455> que ilustra el ciclo del carbono y el efecto de la diversidad animal en este ciclo. El objetivo es, mediante el posterior coloquio, poder identificar las ideas previas del alumnado sobre el cambio climático, la diversidad y otros aspectos relacionados con los contenidos de esta unidad didáctica.

##### **(A.4) Información para el profesor**

Esta actividad está pensada para realizarse en media sesión. Primero se visualizará el video de divulgación de 5 minutos creado especialmente para la temática de esta unidad didáctica. Posteriormente se preguntará a los alumnos cuál es la hipótesis que los científicos tenían en mente y se discutirá hasta consensuar que la hipótesis es que los mamíferos juegan un papel importante en el ciclo del carbono. Por último, se motivará la formulación de hipótesis por parte de los alumnos con preguntas tales como las que se muestran en el enunciado para el alumno. Se darán por válidas todas las hipótesis que los alumnos mencionen mientras tengan una base razonable y los alumnos sean capaces de argumentarlas -ya que el primer propósito de esta actividad es fomentar el pensamiento creativo y su disfrute y secundariamente se incentiva la reflexión sobre los temas que se abordan en la unidad didáctica.

##### **(A.4) Enunciado para el alumno**

Reflexiona y debate con tus compañeros ¿Por qué crees que hay cambio climático?, ¿Cuáles podrían ser las causas más importantes de la pérdida de biodiversidad?

#### **Actividad 5: La belleza en la diversidad**

Esta actividad fomenta la búsqueda de información. Su principal objetivo es que los alumnos se familiaricen con la taxonomía y el naturalismo mientras aprecian su belleza. Se basa en la exploración de información en el artículo científico en el que se basa la unidad didáctica.

##### **(A.5) Información para el profesor**

Para realizar correctamente esta actividad, se requiere trabajo previo fuera del aula. Se le proporciona este enlace al alumno: doi:10.1038/s41559-017-0334-0, explicándole que se trata de un código para buscar información científica. Se le solicita que abra la sección de material suplementario (está disponible gratuitamente en la página de la revista) y busque la tabla 1. Esta tabla menciona las 48 especies estudiadas en el trabajo científico en el que se basa esta unidad didáctica. En grupos de 6 personas, los alumnos se reparten la lista de especies (8 especies por persona) y buscan en internet una foto de cada especie, el nombre vernáculo en español y una característica que les llame particularmente la atención. Posteriormente, en el aula, el profesor proyectará una foto de cada especie. Se procederá a un juego en clase en que el primer alumno que correctamente reconozca la especie con su nombre científico o vernáculo o diga una característica será puntuado positivamente.

##### **(A.5) Enunciado para el alumno**

Busca en internet con esta información doi:10.1038/s41559-017-0334-0 el enlace al trabajo en que se basa esta unidad didáctica. Abre la sección de material suplementario (está disponible gratuitamente en la página

de la revista) y fíjate en la tabla 1. En esta tabla se recoge, por su nombre en latín, una lista de especies, tanto animales como vegetales, que se han utilizado en este trabajo científico. La columna de la izquierda es una lista de las especies de mamíferos. Forma grupos de 6 con tus compañeros. Cada uno escogerá 8 especies y en casa buscará una foto, su nombre en español y una característica llamativa. Al día siguiente os espera un juego en clase.

### **Actividad 6: El origen del conocimiento científico**

Interpretación de un mapa (en el que está recogido el diseño experimental del trabajo de campo en el que se basa el artículo científico) con el objetivo de comprender el origen del conocimiento científico. A partir de este ejemplo de trabajo observacional se discutirán otros métodos de origen de conocimiento científico como los teóricos y experimentales. Mapa extraído de doi:10.1038/s41559-017-0334-0.

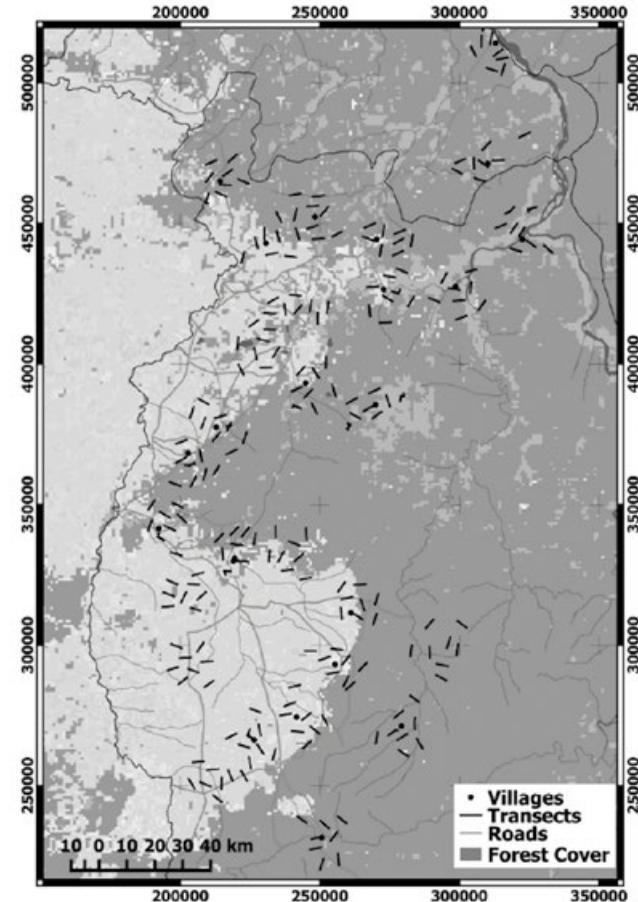
#### **(A.6) Información para el profesor**

Esta actividad se puede realizar fuera del aula y dedicar media sesión en el aula a su discusión posterior. Se espera que los alumnos se den cuenta de que están visualizando un mapa en el que cada una de las líneas representa un transecto real de varios kilómetros que recorrieron los indígenas y/o el equipo de investigación anotando las especies animales y vegetales que se encontraban a su paso. De esta forma, los alumnos serán conscientes del esfuerzo que es necesario realizar para recoger datos biológicos básicos, ya que en numerosas ocasiones este proceso inicial de cualquier investigación no puede ser automatizado ni realizado por máquinas. Tras esta recogida de datos artesana, tiene lugar el análisis de los datos, para el cuál sí es necesario el uso técnicas analíticas complejas que se aplican a los datos utilizando programas informáticos. Es decir, esta segunda fase sí se beneficia de los avances tecnológicos del momento en el que es realizada. De esta forma, para poder avanzar en el conocimiento científico, algunos procedimientos se basan en la combinación de aproximaciones tradicionales y aproximaciones sofisticadas, de forma que no disponer de alguna de ellas (ej. pérdida del conocimiento tradicional) comprometería la investigación

y poder obtener así conocimiento científico nuevo. Se espera que los alumnos puedan determinar que este conocimiento científico es observacional y que puedan identificar alguna ventaja e inconveniente de este método como las descritas en el texto.

#### (A.6) Enunciado para el alumno

En este mapa se muestran los transectos que los indígenas y el equipo de investigadores realizaron. ¿Qué crees que es exactamente un “transecto” en un estudio de este tipo? Describe en 4 o 5 líneas qué crees que hicieron los investigadores al recorrer este transecto, qué dificultades se encontraron, qué aspectos crees que necesitaron plantearse mientras realizaban su trabajo, etc. ¿Eres capaz de identificar algún patrón espacial en la distribución de los transectos? ¿Crees que es un número suficiente/insuficiente de transectos para al objetivo planteado en este estudio científico? ¿Crees que se podría haber abordado de otra forma? Indica qué tipo de aproximación metodológica tiene este trabajo y nombra dos posibles ventajas y dos inconvenientes.



### Actividad 7: El ciclo del carbono

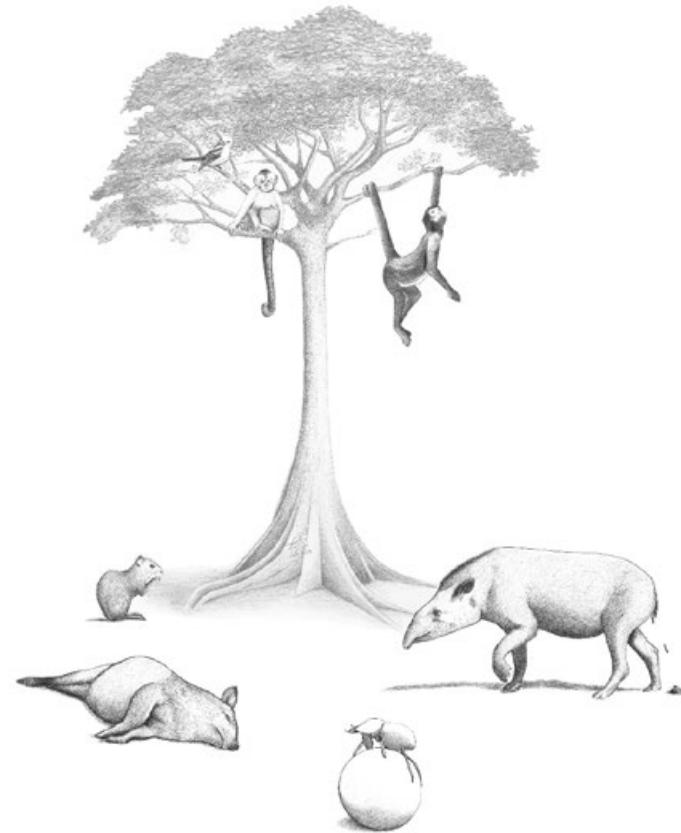
Ejercicio sobre papel para afianzar la comprensión del ciclo del carbono. Los alumnos dibujarán los elementos básicos del ciclo del carbono sobre una plantilla con el objetivo de estimular la comprensión de información gráfica sencilla y para fomentar la capacidad de interrelación de los conceptos aprendidos. Dibujo plantilla modificado de <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0334-0>.

#### (A.7) Información para el profesor

Esta actividad se puede realizar fuera del aula y dedicar media sesión en el aula a su discusión posterior. Tiene como objeto la expresión de los conocimientos adquiridos de forma gráfica y sencilla.

#### (A.7) Enunciado para el alumno

Haz un diagrama del ciclo del carbono sobre esta ilustración. Escribe y une mediante flechas los siguientes conceptos: carbono en la atmósfera, carbono en el suelo y carbono en la biomasa de plantas, interacciones tróficas y restos orgánicos. Debes tener en cuenta a los mamíferos y su actividad en el bosque.



### Actividad 8: Nubes de puntos

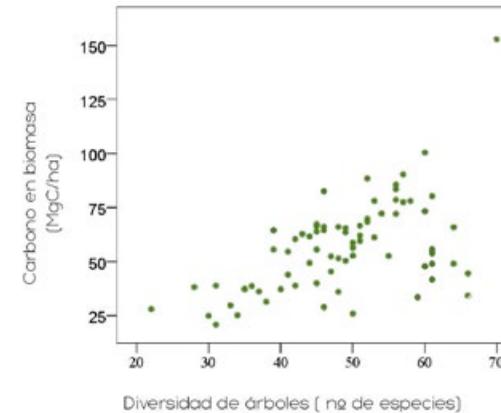
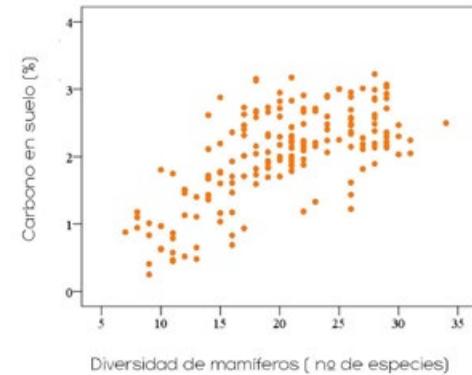
El objetivo de esta actividad es la comprensión de información representada esquemáticamente y el refuerzo de los conceptos aprendidos en la unidad. Gráfica modificada de <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0334-0>.

#### (A.8) Información para el profesor

Se puede realizar fuera del aula y dedicar media sesión en el aula a su discusión posterior. Se espera que los alumnos puedan describir las relaciones positivas entre las variables aquí mostradas y comprender qué representa cada punto en referencia a los ejes de abscisas y ordenadas en cada caso particular.

#### (A.8) Enunciado para el alumno

Describe la información contenida en cada uno de estos paneles. Cada uno de los puntos es un transecto de los que se muestrearon en el trabajo de investigación en el que se basa la unidad y que puedes ver en el mapa de la actividad 6. \*MgC/ha es Megagramos de carbono por hectárea (Un Megagramo son 1000 Kilogramos).



Las autoras agradecen a la FUNDACIÓN IBERDROLA ESPAÑA la financiación para la realización de esta unidad didáctica y a J.M.V. Fragoso y K.M. Silvius (investigadores senior del trabajo en el que se basa la unidad) y a Marilar Aleixandre y Pedro L. Salgado por su colaboración y asesoramiento. El mapa fue realizado por Asier R. Larrinaga. Las fotografías fueron realizadas por J.M.V. Fragoso y las ilustraciones por Sonia García ([illacromatica.com](http://illacromatica.com)).



Bosque Tropical. Foto de J.M.V. Fragoso