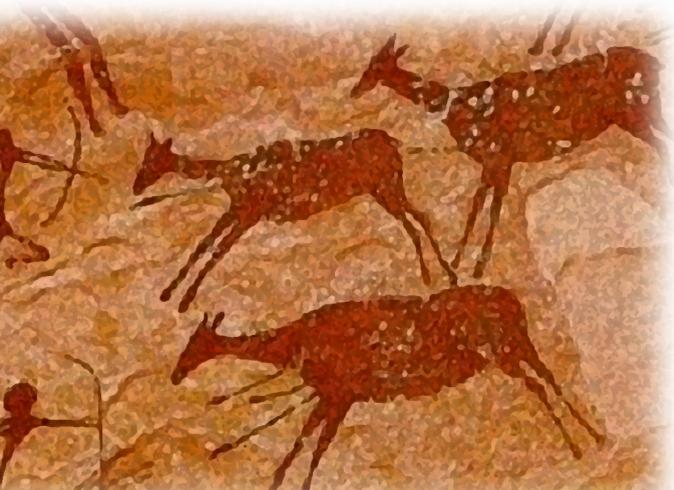


Resurrección de especies extintas: el por qué sí y el por qué no de la des-extinción en lenguaje sencillo



Julián Monge-Nájera*

Recibido: 29-09-2015 Aceptado: 10-10-2015

RESUMEN

Recientemente se ha vuelto urgente comprender qué es, cómo se hace y que aspectos positivos y negativos tiene la des-extinción de especies. En este artículo se resume, en lenguaje sencillo, los avances más recientes en este campo con base en la literatura científica. El primer proyecto para resucitar especies extintas se inició en Alemania en 1920 con el tarpán (*Equus ferus ferus*), y el uro (*Bos primigenius*) usando la técnica de entrecruzamiento desarrollada por los hermanos Heck. Más recientemente se han propuesto otras técnicas, como el uso de semen u óvulos congelados de restos árticos, la clonación de tejidos de museos y la manipulación de ADN con ingeniería genética. Algunas especies costarricenses que se extinguieron pero teóricamente podrían resucitarse son el sapo dorado de Monteverde (*Incilius periglenes*), el sapo de Chirripó (*Atelopus chirripoensis*), el sapo del Pico Blanco (*Incilius fastidiosus*), el caracol escazucoño (*Velifera gabbi*), el tigre dientes de sable (*Smilodon fatalis*), el mamut (*Mammuthus columbi*), el gonfoterio, (*Cuvieronius hyodon*), el perezoso gigante (*Eremotherium laurillardii*) y el armadillo gigante (*Holmesina septentrionalis*), pues se tiene ADN de varias de esas especies. A favor de la des-extinción se han dado las razones de corregir nuestros propios delitos ambientales, obtener alimentos y medicinas y financiar esfuerzos de conservación. Los argumentos en contra tienen que ver con el peligro de enfermedades, desvío de fondos, catástrofes ecológicas y abusos tecnológicos. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza elaboró en 2015 la *Guía de Fundamentos de des-extinción para Beneficio de la Conservación*, para ayudar a que personas capacitadas analicen todos los argumentos a favor y en contra antes de iniciar cualquier experimento de des-extinción. Este artículo incluye una práctica docente sobre des-extinción.

PALABRAS CLAVES: Biotecnología, Extinción, Ética de la ciencia, Biodiversidad, Costa Rica.

ABSTRACT

Recent developments make it urgent for the general public to understand what de-extinction is, how it is done and what positive and negative effects it can have. Here are summarized recent advances in this field using simple language. The first project to resurrect extinct species began in Germany in 1920 with the Tarpan (*Equus ferus ferus*) and aurochs (*Bos primigenius*) using a simple mating technique developed by the Heck brothers. More recently proposed techniques include the use of semen or eggs from frozen remains, cloning museum material and bioengineered DNA. Some Costa Rican species that became extinct but theoretically could be resurrected

* Laboratorio de Ecología Urbana, Vicerrectoría de Investigación, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
julianmonge@gmail.com

include the golden toad of Monteverde (*Incilius periglenes*), the Chirripó toad (*Atelopus chirripoensis*), the Pico Blanco toad (*Incilius fastidiosus*), the Escazú snail (*Velifera gabbi*), the saber-toothed tiger (*Smilodon fatalis*), the mammoth (*Mammuthus columbi*), the gomphothere (*Cuvieronius hyodon*), the giant sloth (*Eremotherium laurillardii*) and the giant armadillo (*Holmesina septentrionalis*). DNA is already available for some of these species. Arguments in favor of de-extinction include the correction of our “environmental crimes”, new sources of food and medicines and funding conservation efforts. The arguments against de-extinction refer to the danger of diseases, use of resources needed for extant species, environmental disasters and technological abuse. The IUCN developed in 2015 a guide of principles for de-extinction to help experts analyze all the pros and cons before starting any de-extinction experiment. This article includes a teaching activity on de-extinction.

KEYWORDS: Biotechnology, Extinction, Ethics of science, Biodiversity, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Desde hace al menos un siglo se ha pensado en lo maravilloso que sería mirar cara a cara a un dinosaurio vivo. En su *Viaje al centro de la Tierra* de 1864, Julio Verne nos describió una pelea entre dos enormes reptiles marinos, un plesiosaurio y un ictiosaurio, parientes extintos de los dinosaurios. En *El Mundo Perdido*, de Sir Arthur Conan Doyle (1912), aparecen dinosaurios como el Iguanodon y el Allosaurus. En ambos casos, los escritores imaginaron pseudo-extinciones; en otras palabras, especies que se creen extintas sin estarlo realmente. La idea de resucitar especies realmente extintas surgiría del enemigo común de ambas naciones, Alemania, a inicios del siglo XX.

Dos hermanos zoólogos, Ludwig Heck (1892-1983) y Heinz Heck (1894-1982), quienes ocuparon altos puestos en zoológicos alemanes a inicios del siglo XX, jugaron un papel importante en el esfuerzo por salvar mamíferos en peligro y fueron los primeros científicos en intentar resucitar especies extintas. En 1920 iniciaron un proyecto para recrear dos especies extintas, el tarpán o caballo salvaje europeo (*Equus ferus ferus*) y el uro (*Bos primigenius*), un toro que habitó los bosques europeos y se extinguió en el siglo XVII (Figura 1). La técnica de los hermanos Heck fue cruzar

animales actuales que son parientes del tarpán y del uro, para seleccionar en cada generación los que más se parecieran a la especie extinta, hasta llegar a uno que luciera idéntico. En esto tuvieron éxito, aunque es difícil establecer claramente cuan parecidos son genéticamente estos “uros de Heck” a los originales (Edwards *et al.*, 2010).



Figura 1. El uro, la primera especie que fue “resucitada”. El proyecto del uro inició en Alemania en 1920.

En este artículo resumo en lenguaje sencillo los avances más recientes en este campo con base en la literatura científica.

Cuatro maneras de resucitar especies extintas

La técnica de cruzamiento de los Heck es la más sencilla, pero también la que produce una especie menos fiel a la original; una técnica más avanzada usa espermatozoides u óvulos congelados. Algunos han soñado con hallar semen u óvulos viables en alguno de los mamuts y rinocerontes que ocasionalmente aparecen congelados en Siberia. En teoría, inseminando a sus parientes actuales (elefantes y rinocerontes) para que sirvan de madres sustitutas, se tendría finalmente mamuts y rinocerontes lanudos auténticos y vivos. Si solo se tuviera intacto un núcleo celular de cualquier parte del cuerpo de estos animales extintos, también se podrían obtener bebés con una tercera técnica de des-extinción, de manera parecida a como se hizo el primer clon con la oveja Dolly en 1996. Esta tercera opción la logró el veterinario español Alberto Fernández Arias, quien en 2003

clonó a Celia, último ejemplar vivo conocido de bucardo, una variedad de cabra montés. Fue la primera vez que se resucitó sin lugar a dudas una especie extinta, aunque el clon vivió poco tiempo (Folch, *et al.*, 2009). Por eso, 2003 es un año histórico en el desarrollo de la biología mundial (Figura 2).

Al menos en teoría, existe una cuarta opción: en el futuro se podrían usar virus para modificar la cadena de ADN de especies actuales y generar la secuencia que produce una especie extinta, como en la película de 1993 Parque Jurásico.

¿Cuáles especies serían las primeras en resucitarse?

Logros de expertos como los hermanos Heck y el equipo de Alberto Fernández hicieron que la des-extinción dejara de ser una posibilidad y pasara a ser una realidad tecnológica. Por eso, algunos países tienen actualmente equipos de científicos analizando cuáles especies pueden revivirse. Australia ha propuesto el tigre de Tasmania y la vaca marina de Steller. En los EE.UU se está considerando hacerlo con la paloma migratoria y la mariposa jerjes (Pyle, 1976).

En Costa Rica no hay actualmente proyectos de des-extinción, pero varias especies que alguna vez vivieron en territorio costarricense resultan candidatas por ser reciente su extinción o por ser especies espectaculares. Entre las recientes están el sapo dorado y dos más que probablemente estén extintas, el atelopo de Chirripó y el sapo del Pico Blanco, además de un molusco arborícola.

El sapo dorado de Monteverde (*Incilius periglenes*), extinto a fines del siglo XX, se alimentaba de invertebrados y posiblemente otros animales pequeños. Vivía en el bosque de Monteverde (Puntarenas) y se cree que pasaba buena parte del año en madrigueras subterráneas, saliendo en abril para aparearse (Figura 3). Fue descrito en 1966 en la Revista de Biología Tropical y su autor dijo de él “Debo confesar que mi reacción inicial fue de incredulidad y sospeché que alguien había



Figura 2. El bucardo, la primera especie resucitada por clonación. Esta primera resurrección completa la logró un equipo de científicos españoles en 2003.



Figura 3. El sapo dorado de Monteverde se extinguió a finales del siglo XX y podría ser un candidato para la resurrección biológica.

sumergido los especímenes en barniz” (Savage 1966, p 153).

El sapo de Chirripó (*Atelopus chirripoensis*), vivía en las alturas del cerro Chirripó Grande y se sabe muy poco de él. El sapo del Pico Blanco (*Incilius fastidiosus*), también pudo pasar parte de su vida en madrigueras pero se sabe poco de su historia natural (Lips y Krempels 1995, Savage, 2002). De todos estos anfibios hay material preservado en museos pero se desconoce si el ADN está en condición recuperable. Si no lo fuera, siempre serían teóricamente posibles la técnica de los hermanos Heck y la ingeniería genética.

El más pequeño de los candidatos es el caracol escazuceño (*Velifera gabbi*), visto por última vez a finales del siglo XIX según la bióloga Zaidett Barrientos. Este molusco se alimentaba de algas y vivía en el follaje de diversas plantas en los

cerros de Escazú, cerca de la actual Ciudad de San José (Barrientos, 2003). De él solamente nos quedan unas pocas conchas secas en la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia (Pensilvania), pero teóricamente éstas podrían contener ADN recuperable y por lo demás, vale para él lo mismo que dije de los anfibios.

Además de las especies pequeñas y que hasta hace poco vivieron en Costa Rica, se podría pensar en otras que tienen más tiempo de haber desaparecido pero que son más llamativas por su tamaño espectacular.

La resurrección de especies espectaculares

Entre las especies espectaculares que alguna vez vivieron en Costa Rica y podrían en teoría des-extinguirse están el tigre dientes de sable,

el mamut, el gonfoterio, el perezoso gigante y el armadillo gigante.

El tigre dientes de sable (*Smilodon fatalis*), vivió durante el Pleistoceno (periodo que duró desde hace 2 millones de años hasta hace 10 mil años) en sitios que incluían la costa pacífica de Costa Rica. Creemos que en Costa Rica se alimentaba principalmente de mamíferos como venados, llamas y perezosos. Es probable que su vida fuera semejante a la de los actuales leones africanos, a los cuales se parecía. Ya se han extraído trozos pequeños de ADN de restos de este animal hallados en California (Janczewski, Yuhki, Gilbert, Jefferson, & O'Brien, 1992).

Hacia el final del mismo periodo y en la misma parte de la costa pacífica en la que vivían los tigres, estaban los enormes mamuts (*Mammuthus columbi*), de hasta 4 metros de altura. Su estatura sugiere que se alimentaban en buena parte de follaje de los árboles y de frutas y seguramente les resultaba difícil el periodo entre noviembre y abril, en que el clima se volvía más seco y se puede imaginar que consumían más pasto. Ya se hizo el primer intento de extraer material genético de esta especie (Gold *et al.*, 2014).

Pariente cercano del mamut, el gonfoterio josefino (*Cuvieronius hyodon*), era un poco más

pequeño (poco menos de 3 metros de alto) pero tenía un comportamiento y dieta similares (Figura 4). Se extinguió hace unos 11 000 años, pero en Sudamérica se ha hallado con restos de tejido muscular y piel, por lo que también es viable su resurrección (Mesén & García-Díaz, 2015).

Seguramente menos ágil que estos parientes de los elefantes, el perezoso gigante de Alajuela (*Eremotherium laurillardi*), se extinguió también hace unos 11 000 años. Era un animal espectacular, aún más alto que el mamut (erguido alcanzaba los 6 metros de altura). Su dentadura típica de animales que se alimentan de hojas y frutas grandes como el aguacate (y probablemente obtenía proteínas al ingerir accidentalmente los insectos que vivían en ellas). Tal vez ocasionalmente nadaba y comía algas, pero de esto hay poca evidencia. Algunos museos tienen piel deshidratada de este animal y eso en teoría permitiría extraer ADN para revivirlo (Cartelle, De luliis, & Pujos, 2015).

La última especie en nuestra lista es el armadillo gigante de Puntarenas (*Holmesina septentrionalis*), que alcanzaba los 2 metros de largo. Se sabe poco de su alimentación, excepto que sus dientes sugieren que comía plantas correosas, típicas de clima estacionalmente seco. Se cree que

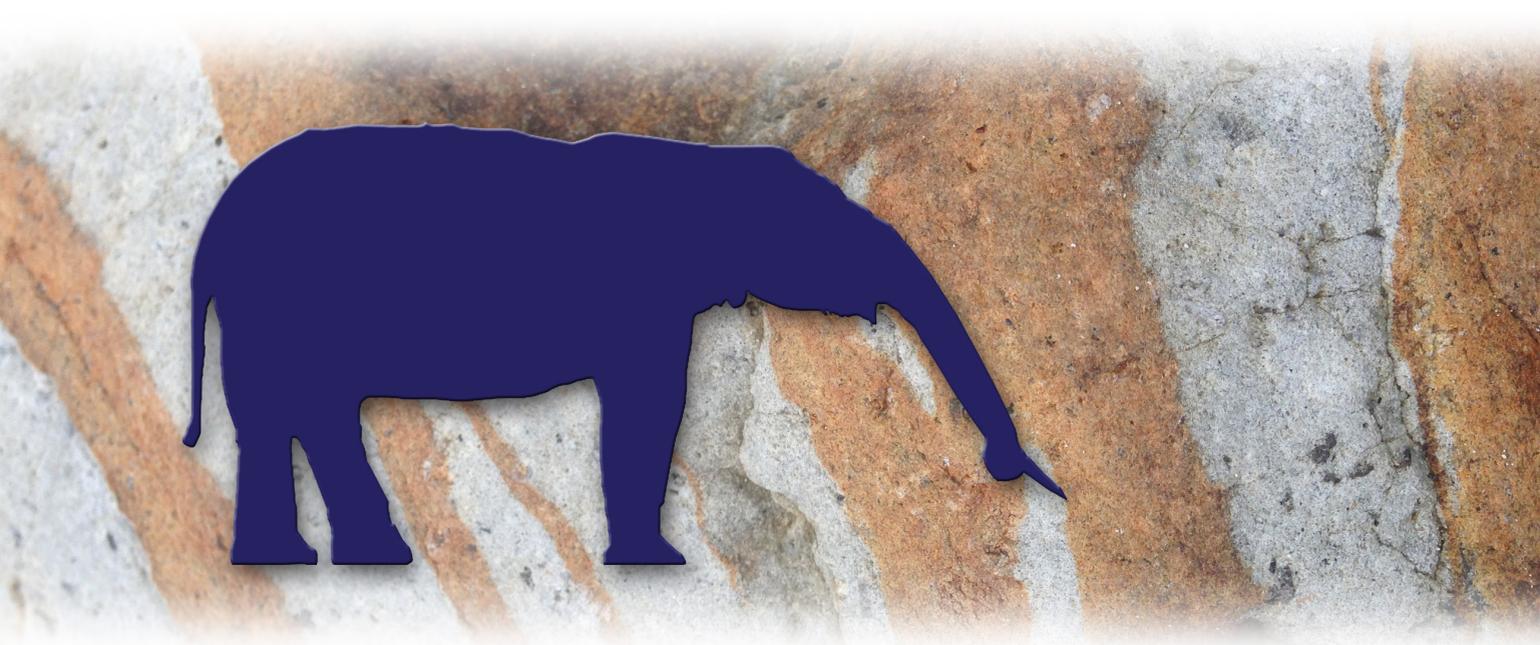


Figura 4. El gonfoterio vivió “entre otros sitios” en lo que hoy es la ciudad de San José, Costa Rica. Hay restos de tejido de esta especie, lo que permite pensar en revivirlo.

originalmente era sudamericano y que vía Costa Rica alcanzó América del Norte. También ya se han iniciado los esfuerzos de obtener ADN de esta especie (Letts & Shapiro, 2012).

¿Por qué sí y por qué no resucitar especies?

Diversos autores han escrito a favor y en contra de resucitar especies. A favor, se han dado las razones de corregir nuestros propios delitos ambientales, obtener alimentos y medicinas y financiar esfuerzos de conservación. Esta opinión afirma que si podemos resucitar especies que nosotros mismos extinguimos, debemos hacerlo porque simplemente sería una forma de corregir el daño ambiental que hemos hecho al planeta; en otras palabras, es un deber ético que permite recuperar especies y funciones ecológicas (como dispersión y polinización) que por nuestra causa faltan en los ecosistemas actuales (Cohen, 2014).

Otra razón a favor es que podríamos tener de nuevo especies que provean alimento, por ejemplo el perezoso de Shasta (*Nothrotheriops shastensis*) que podría reemplazar al ganado de carne en la zona costera del Pacífico americano, causando menos daño ecológico (Myers, 2013; Figura 5). Igualmente, al menos en teoría, podrían extraerse nuevas medicinas y otros productos de especies hoy extintas, especialmente plantas; aunque hasta ahora la mayoría de los autores solo se ha

referido a resucitar animales, lo que se ha dicho para animales se aplica para las plantas y tal vez sería menos peligroso probar con ellas.

El factor comercial tiene un enorme potencial en el espectáculo: la gente pagaría enormes sumas por ver vivos animales como los mastodontes y los dinosaurios y quienes defienden esta posición insisten en que esos fondos podrían usarse para la conservación y el desarrollo sostenible.

Los argumentos en contra son menos concretos pero más graves y tienen que ver con el peligro de enfermedades, desvío de fondos, catástrofes ecológicas y abusos (Cohen, 2014). Al menos en teoría, así como podríamos obtener medicamentos de especies resucitadas, también podrían traernos nuevas enfermedades. Y podrían quitarle hábitat a otras especies, llevando a una catástrofe ecológica o podría abusarse del procedimiento, fabricando especies que solo existieron en la imaginación, como centauros, sirenas o quimeras semejantes. Un peligro más concreto es el de cometer un error ético, lo que ocurriría si las especies resucitadas solo sobreviven en cautiverio y restan recursos a la conservación de otras especies (García-González & Margalida, 2014; Whittle, Stewart & Fisher., 2015).

CONCLUSIÓN

Con argumentos a favor y en contra, el hecho es que la resurrección de especies ya empezó y por eso la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza elaboró un documento titulado Guiding Principles on De-extinction for Conservation Benefit (“Guía de Fundamentos de des-extinción para Beneficio de la Conservación”). Esta guía del 2015 se redactó para disminuir los posibles efectos negativos y tener un enfoque lo más ético posible de la



Figura 5. Un científico estadounidense ha sugerido resucitar al perezoso de Shasta para que reemplace al ganado de carne.

des-extinción. La aplicación de estos principios es necesaria para que tragedias como la de Parque Jurásico continúen siendo solamente ficción y en todo caso, es fundamental que personas capacitadas analicen todos los argumentos a favor y en contra antes de iniciar cualquier experimento de des-extinción.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Mahmood Sasa por la información sobre anfibios aparentemente extintos. El autor es miembro del Species Survival Commission de la IUCN.

REFERENCIAS

- Barrientos, Z. (2003). Lista de especies de moluscos terrestres (Archaeogastropoda, Mesogastropoda, Archaeopulmonata, Stylommatophora, Soleolifera) informadas para Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 51 (Suppl. 3): 293-304.
- Cartelle, C., De Iuliis, G., & Pujos, F. (2015). *Eremotherium laurillardii* (Lund, 1842) (Xenarthra, Megatheriinae) is the only valid megatheriine sloth species in the Pleistocene of intertropical Brazil: A response to Faure et al., 2014. *Comptes Rendus Palevol*, 14(1), 15-23.
- Cohen, S. (2014). The ethics of de-extinction. *NanoEthics*, 8(2), 165-178.
- Edwards C. J., Magee D. A., Park S. D. E., McGettigan P. A., Lohan A. J., Murphy A., David E. MacHugh. (2010). A Complete Mitochondrial Genome Sequence from a Mesolithic Wild Aurochs (*Bos primigenius*). *PLoS ONE* 5(2): e9255. doi:10.1371/journal.pone.0009255
- Folch, J., Cocero M.J., Chesné P., Alabart J.L., Domínguez V., Y. Cognié, X. Vignon. (2009). First birth of an animal from an extinct subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by cloning. *Theriogenology* 71: 1026-1034.
- García-González, R., & Margalida, A. (2014). The Arguments against Cloning the Pyrenean Wild Goat. *Conservation Biology*, 28(6): 1445-1446.
- Gold, D. A., Robinson, J., Farrell, A. B., Harris, J. M., Thalmann, O., & Jacobs, D. K. (2014). Attempted DNA extraction from a Rancho La Brea Columbian mammoth (*Mammuthus columbi*): prospects for ancient DNA from asphalt deposits. *Ecology and evolution*, 4(4): 329-336.
- Janczewski, D. N., Yuhki, N., Gilbert, D. A., Jefferson, G. T., & O'Brien, S. J. (1992). Molecular phylogenetic inference from saber-toothed cat fossils of Rancho La Brea. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(20): 9769-9773.
- Letts, B., & Shapiro, B. (2012). Case study: ancient DNA recovered from pleistocene-age remains of a Florida armadillo. Ciudad de Nueva York, *Ancient DNA Nueva York*; Humana Press. (pp. 87-92).
- Mesén, R. A., & García-Díaz, E. (2015). Nuevo ejemplar de *Cuvieronius hyodon* (Proboscidea: Gomphotheriidae) del Pleistoceno de Costa Rica. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 46(4): 1167-1172.
- Myers, P. Z. (2013). *Bring back the Shasta ground sloth*. Freethoughtblogs (<http://goo.gl/7T5ih6>).
- Pyle, R. M. (1976). Conservation of Lepidoptera in the United States. *Biological Conservation* 9: 55-75
- Whittle, P. M., Stewart, E. J., & Fisher, D. (2015). Re-creation tourism: de-extinction and its implications for nature-based recreation. *Current Issues in Tourism*, 1-5.

APÉNDICE

Educación Ambiental: Una actividad sobre des-extinción para escuelas y colegios

Para esta actividad se necesitarán:

- Tarjetas sobre cada especie (recortables de las figuras de este artículo)
- Cuaderno y bolígrafo (o computadora)

Organización de los estudiantes

La actividad puede realizarse individualmente o en grupos: decida qué es mejor con base en su conocimiento del grupo; igualmente use ese conocimiento para decidir si permite que los grupos se formen a gusto de los participantes.

Actividad

VERSIÓN CON ACCESO A INTERNET

Entregue las tarjetas y explique que el objetivo es ejercitar la imaginación y el pensamiento crítico proponiendo argumentos a favor y en contra de des-extinguir la especie que les tocó en la tarjeta. Para ello deben:

1. Buscar en Internet información sobre cada una de las especies.
2. Hacer una lista razonada de aspectos positivos y negativos que tendría des-extinguir esa especie en particular.
3. Con base en la fuerza y cantidad de los argumentos, decidir si es mejor dejar que la especie siga extinta.
4. Presentar los resultados. Decida si los prefiere orales o por escrito.

VERSIÓN PARA UN GRUPO SIN ACCESO A INTERNET

Entregue la información sobre cada especie de manera impresa u oral, según crea mejor dadas las características del grupo. Si tiene la información en una biblioteca tradicional de su institución también puede encargar que se busque allí, pero solo la hallará para las especies más famosas. El resto de la actividad es igual.

Evaluación

Califique los informes con base en los siguientes aspectos:

- ¿Se logró el objetivo de imaginar razones a favor y en contra: pobremente, aceptablemente, muy bien?
- ¿Se logró el objetivo de juzgar argumentos a favor y en contra: pobremente, aceptablemente, muy bien?

Consejo: puede dar un puntaje pequeño por aspectos de forma como la presentación, ortografía y redacción, pero recuerde que esos aspectos no son lo más importante de la actividad.