



# ¿Cómo usar la fascinación por los dinosaurios para enseñar el Método Científico, Conservación y Ética?

Julián Monge-Nájera\*

Recibido: 08-04-2016

Aceptado: 29-10-2016

## RESUMEN

Los dinosaurios tienen un gran potencial educativo porque fascinan por igual a las mentes jóvenes y al público general. Los antiguos chinos, griegos y romanos explicaron sus fósiles con hermosas leyendas; en el siglo XX *Parque Jurásico* y *Caminando con Dinosaurios* llevaron el tema de la ciencia de los dinosaurios a las grandes masas. Aquí se explica cómo hacer tres actividades económicas y sencillas: la primera es reconstruir la apariencia de un dinosaurio y su hábitat a partir de fósiles, enseñando los requisitos del Método Científico; puede realizarse con una computadora o manualmente. La segunda es una simple práctica de dibujo que nos enseña la imposibilidad de copiar fielmente una especie extinta ahora que se habla de la “des-extinción”. Y la tercera consiste en una teatralización sobre ética en conflictos relacionados con fósiles. El artículo incluye materiales recortables para hacer las prácticas, así como el detalle de los pasos a seguir, cómo evaluarlas y consejos prácticos.

**Palabras clave:** Enseñanza del Método Científico, Extinción de especies, Ética en Ciencia.

## ABSTRACT

Dinosaurs have great educational potential because they fascinate young minds and the general public. The ancient Chinese, Greeks and Romans explained their fossils with beautiful legends; in the Twentieth century, *Jurassic Park* and *Walking with Dinosaurs* brought dinosaur science to the masses. Here I explain how to make three inexpensive and simple activities: the first one teaches how to reconstruct the appearance of a dinosaur and its habitat from fossils and focuses on the requirements of the Scientific Method; it can be done with a computer or manually. The second is a simple drawing practice that teaches the impossibility of faithfully copying an extinct species (despite the current proposals for species “de-extinction”). The third activity is a dramatization about ethical conflicts related to fossils. The article includes activity cut-outs and detailed steps, how to evaluate and practical advice.

**Key words:** Teaching the Scientific Method, Species extinction, Ethics in Science.

---

\* Laboratorio de Ecología Urbana, RECAS, Vicerrectoría de Investigación, Universidad Estatal a Distancia, 2050 San José, Costa Rica. [julianmonge@gmail.com](mailto:julianmonge@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

Quienes nos dedicamos a la enseñanza siempre hemos tenido que esforzarnos por evitar el aburrimiento y lograr –si no el entusiasmo– al menos la atención de las jóvenes mentes a las que educamos. Afortunadamente para quienes laboramos en países latinoamericanos, atraer esas mentes a la Ciencia y a la Ética requiere más imaginación que dinero (Bierema & Rudge, 2014; Chudyk *et al.*, 2014; Yerky & Wilczynski, 2014). Pero incluso en un campo tan fascinante como la Ciencia es posible caer en lecciones soporíferas, como la del profesor de paleontología que aparece en la película *Señora Doubtfire, papá de por vida* (Mrs. Doubtfire, 1993). El personaje central exclama “este tipo ya me aburría cuando yo era niño!” y decide hacer su propio programa educativo combinando la música, títeres y humor para educar sobre estos antiguos reptiles. Lamentablemente, lo que he visto de la televisión educativa hispanoamericana se parece más a las lecciones del aburrido profesor de la película y no tengo muchas esperanzas de que mejore. Si queremos mejores lecciones, tendremos que hacerlas nosotros mismos y para ello, podemos seguir el ejemplo de las magníficas producciones educativas que nos llegan de Gran Bretaña y los EE.UU.

La televisión educativa de excelencia, que la gente mira porque quiere verla y no por obligación, tiene un ejemplo de lujo en cuanto a reptiles ya extintos en la serie *Caminando entre dinosaurios* (BBC: *Walking with Dinosaurs*, 1999). Lo mismo podría decirse de la no tan reciente pero sí muy influyente película estadounidense *Parque Jurásico* (*Jurassic Park*, 1993), la cual reintrodujo los dinosaurios en la cultura popular del mundo a finales del siglo XX, tocando temas como evolución, conservación y ética.

No quiero dar la impresión de que se necesitan superproducciones para educar en estos temas usando el atractivo de los dinosaurios. Aunque actualmente podemos aprender gracias a “éxitos” de Hollywood sobre dinosaurios, desde niño yo quedé fascinado con ellos cuando mi madre me compró *Animales prehistóricos*, de la colección *Libros de Oro del Saber*, excelentemente traducida e impresa en 1965 en México por la Editorial de don Luis y don Octavio Novaro. El original se llamaba *Prehistoric Animals - Dinosaurs*,

*Reptiles, and Mammals*, elaborado por Lincoln Barnett y Jane W. Watson con apoyo del estupefundo equipo editorial de *Life* (Simon and Schuster, Nueva York: Barnett y Watson, 1958, Figura 1).

No creo que se hayan producido libros educativos mejores que estos de *Life*, tan fascinantes ahora como hace medio siglo. Una prueba de ello y de por qué hasta en estos tiempos de Wikipedia y Youtube aún recomiendo esos libros a quienes se dedican a la enseñanza, es que en uno de sus viajes, mi hijo Andrés trajo de las ventas de libros usados de la capital mexicana varios libros de esta serie: sin que yo le hubiera hablado de ellos, ¡eligió los mismos que yo había escogido de niño 40 años antes!

### Miles de años de educación e imaginación sobre seres del pasado

Aunque el cine y la televisión son inventos comparativamente recientes, los materiales educativos

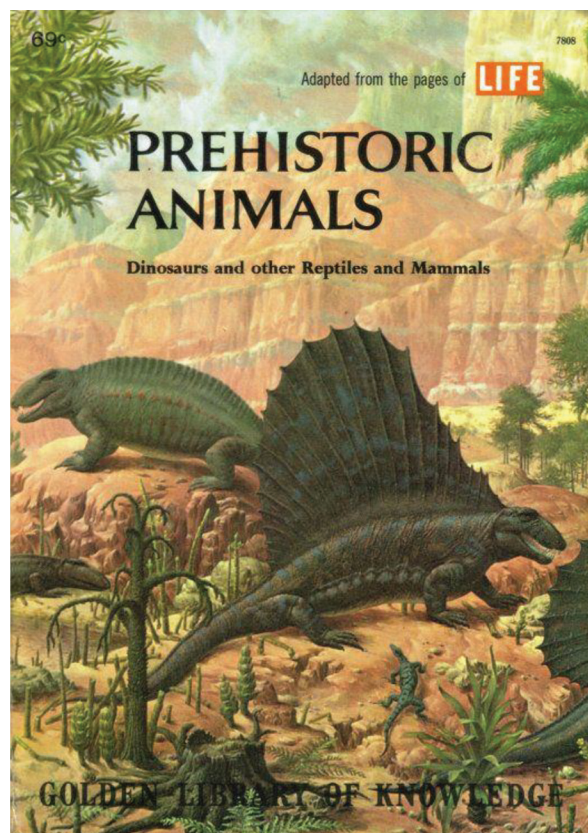


Figura 1. *Animales Prehistóricos*, el regalo de mi madre que me abrió un mundo maravilloso cuando yo era niño.

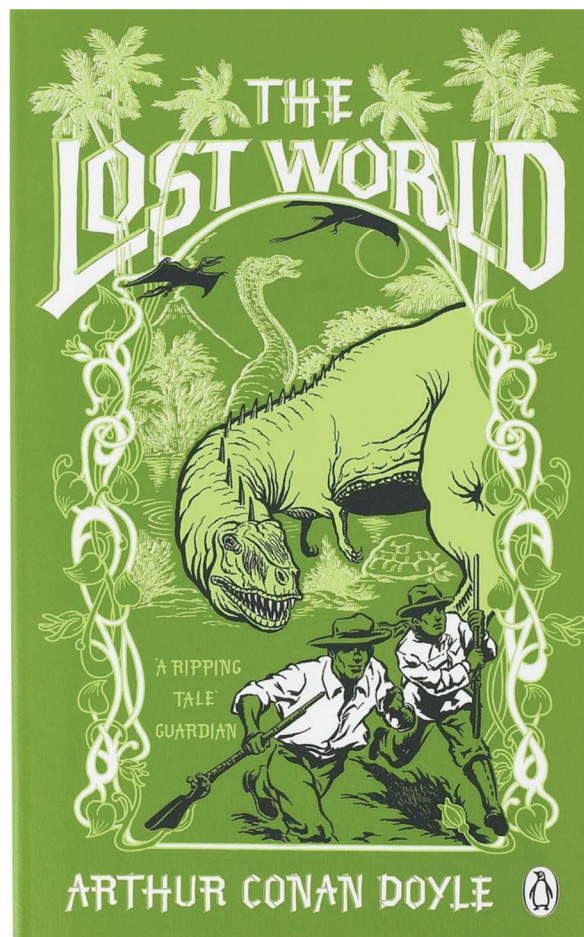
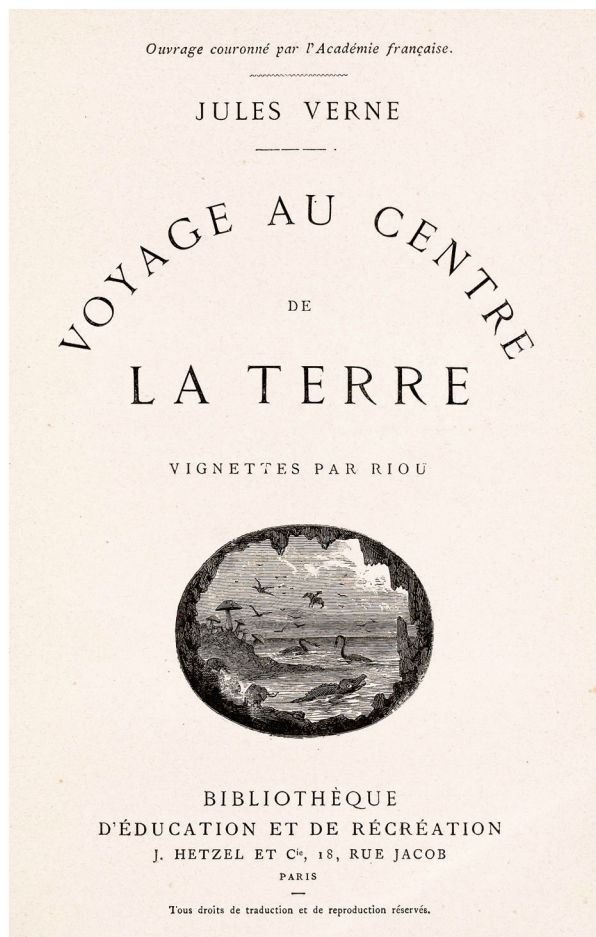


Figura 2. El libro *Viaje al Centro de la Tierra*, de Julio Verne, estuvo entre los primeros que imaginó un mundo poblado por reptiles primitivos, pero no incluyó dinosaurios. Eso lo haría poco tiempo después Arthur Conan Doyle en su *Mundo Perdido*. Imagen: Wikimedia.org

de excelencia han estado con nosotros por siglos. Si retrocedemos, a los inicios del siglo XX, la novela *El mundo perdido* del autor escocés Arthur Conan Doyle (*The Lost World*, 1912) también llevó magistralmente los dinosaurios a las masas de su época, al igual que hizo medio siglo antes el francés Julio Verne con otros reptiles extintos en su *Viaje al centro de la Tierra* (*Voyage au centre de la Terre*, 1864). A diferencia de algunos textos y documentales educativos actuales, las obras de Doyle y Verne revivieron de una manera fascinante a los fósiles de estos “lagartos monstruosos” y atraparon así la atención de varias generaciones (Figura 2).

Sin embargo, Doyle y Verne tampoco fueron los primeros en reconstruir y fascinar con base en

los fósiles de animales espectaculares que ya no habitan nuestro planeta. Cuando Hernán Cortés invadió México en 1519, escuchó historias fascinantes de antiguos “gigantes” y vio sus huesos fosilizados, que eran en realidad fósiles de mamíferos pleistocénicos. Hay ejemplos aún más antiguos: desde hace milenios los chinos mostraban a una asombrada audiencia, los restos de míticos “dragones”, tales restos eran molidos para medicamentos, con lo cual se perdieron cantidades desconocidas de valiosos fósiles en la inmensidad del Imperio Chino (Mayor, 2000 Figura 3).

Casi de la misma antigüedad, pero más creativo, fue lo que hicieron los griegos y romanos hace un par de milenios. La folklorista estadounidense Adrienne Mayor ha dicho que, gracias a los fósiles,



Figura 3. Los antiguos chinos creían que los fósiles de dinosaurios eran esqueletos de dragones. Imagen: Wikimedia.org

esos pueblos antiguos entendieron que sus tierras habían sido previamente habitadas por seres diferentes (Mayor, 2000). Aunque otras culturas explicaban los fósiles como restos de animales demasiado grandes para caber en el Arca de Noé o como trampas divinas para poner a prueba la fe de los cristianos, en la antigua Grecia, el filósofo Aristóteles interpretó correctamente los fósiles como restos de organismos extintos.

El mito del grifo, el león con pico de águila que anida en el suelo y cuida un tesoro pudo haber surgido, según Mayor, de los mineros escitas que hallaron fósiles de *Protoceratops* en su camino a las minas de oro (Desierto de Gobi, Figura 4). Aunque los expertos lo dudan, la idea es interesante. Otro ejemplo es el Monstruo de Troya, representado en un vaso corintio con lo que según Mayor podría ser el cráneo de una jirafa fósil del género *Samotherium* (Mayor, 2000, Figura 5).

Otros griegos pensaron que los fósiles eran restos de héroes legendarios y seres mitológicos y se preocuparon por desenterrarlos, colocarlos en ataúdes de lujo y -en algunos casos- incluso trataron de reconstruir los cuerpos, comportamientos y hábitats de los animales de batallas antiguas (Mayor, 2000).

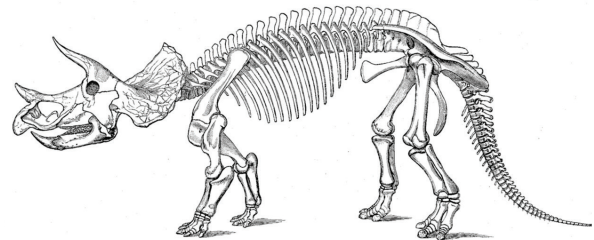


Figura 4. La folklorista Adrienne Mayor piensa que la leyenda del grifo se originó en los fósiles del *Protoceratops*. Imagen: Wikimedia.org

Con ejemplos de Grecia y China podemos enseñar el concepto del Método Científico, comparando componentes de la Ciencia como el deseo de explicar algo (el hueso fosilizado gigante que alguien encontró) y la diferencia entre la mente que imagina libremente una explicación (un “guerrero gigante”) y la mente investigadora que usa el Método Científico.

El Método Científico busca explicaciones naturales (en este caso, hipótesis sobre fósiles) y trata de descartarlas una a una hasta quedar con la más probable según evidencia comprobada. La base de éste es la honestidad: comunicar lo que encontramos aunque vaya en contra de nuestras creencias.



Figura 5. El Monstruo de Troya que aparece en una vasija griega podría estar inspirado en esta jirafa extinta, según Adrienne Mayor. Imagen: Wikimedia.org

### PRIMER CONCEPTO: ¿Cómo podemos practicar la relación entre evidencia y conclusión, propia del Método Científico, reconstruyendo un dinosaurio en nuestra propia aula?

Para enseñar cómo se reconstruyen los cuerpos y vidas de los dinosaurios y cómo el Método Científico implica ante todo rigor y honestidad, podemos usar el ejemplo del trabajo “paleoartístico” que ha sido imprescindible en la historia de la paleontología.

Nuestro alumnado puede aprender que el rigor científico es necesario incluso en el arte, porque sin la debida colaboración entre pintores, zoólogos, ecólogos y otros expertos, los artistas podrían hacer reconstrucciones incorrectas. En algunas reconstrucciones antiguas se han descubierto errores en cuanto a la proporción, la postura, la forma de caminar e incluso el comportamiento y el hábitat donde vivían estos organismos hoy desaparecidos. Pero estos errores han sido identificados y corregidos conforme se van hallando nuevos fósiles y al mejorar nuestros métodos e interpretaciones.

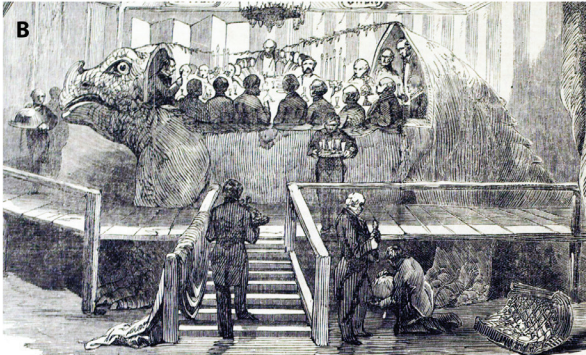
Un buen ejemplo es el “brontosaurio”, hoy *Apatosaurus*. A inicios del siglo XX se le representó como un dinosaurio gigante que arrastraba la cola y vivía en el agua para aliviar los efectos de su enorme peso. Se hizo popular, gracias a la película animada *Gertie, la dinosaurio*

(*Gertie, the Dinosaur*, 1914, que se puede ver gratuitamente en [youtube.com/watch?v=TGXC-8gXOPoU](https://www.youtube.com/watch?v=TGXC-8gXOPoU)), así como en la película muda *El mundo perdido* (The Lost World 1925; [youtube.com/watch?v=9UXqLLOLTPX8](https://www.youtube.com/watch?v=9UXqLLOLTPX8)) y especialmente en la clásica *King Kong* (1933), donde la reconstrucción es más correcta al mostrar al animal desplazándose sin problemas en tierra firme (Monge-Nájera, 2016a). Curiosamente, pasarían muchos años desde que unos artistas de efectos especiales reconstruyeron correctamente al apatosaurio en *King Kong*, hasta que los científicos hicieron lo mismo gracias al hallazgo de nuevos fósiles y mejores métodos. La nueva reconstrucción muestra un animal que vivía en tierra firme y no arrastraba la cola; por el contrario, modelos de computadora sugieren que podía dar latigazos con ella ¡y que cuando joven podía correr sobre dos patas! Debemos enfatizar a nuestros estudiantes que un error paleoartístico no implica que *todas* las interpretaciones científicas fueran incorrectas, pues la reconstrucción básica de cuerpo y su vida en zonas pantanosas ha resistido la prueba del tiempo (Figura 6a). Ésta es una lección importante, porque los fanáticos antievolucionistas suelen usar cualquier pequeño error que los mismos científicos descubren, para negar la validez de todo el Método Científico.

Otro ejemplo de reconstrucción de dinosaurios con aciertos y errores, en el que quiero hacer acá un aporte original, es una especie famosa por aparecer en *Parque Jurásico* con el nombre popular inglés de “raptor”, aunque en español sí lo llamamos de una forma más completa, “velociraptor”. Hasta ahora, la reconstrucción más común del *Velociraptor mongoliensis* Osborn, 1924 (Theropoda: Dromaeosauridae), ha sido como en la Figura 7.

Pero esa reconstrucción es incorrecta. Aquí practicaremos en clase una reconstrucción acorde con fósiles más completos y estudios genéticos de última generación (Ver actividades).

La base científica de la reconstrucción que haremos acá está en estudios recientes que corroboran la cercanía genética del avestruz, *Struthio camelus* Linnaeus, 1758 (Struthioniformes: Struthionidae), con los dinosaurios (Dzemplski & Christian, 2007; Huang, Zhang, Wei, Wang, Sun, Hu, Ren..., & Zhao, 2012). El resultado final de nuestra práctica será la reconstrucción alternativa de *V. mongoliensis* emplumado.



**Figura 6.** A. Reconstrucción antigua del *Apatosaurus* como un dinosaurio acuático. Aunque se han corregido detalles como la cola que toca el suelo, la mayor parte de la reconstrucción ha resistido un siglo de avances científicos. B. Personajes victorianos cenando dentro de un dinosaurio de cemento. Imagen: Wikimedia.org

Nuestra reconstrucción cumple con los siguientes requisitos: hábitat justificado por evidencia fósil, en este caso, zona árida (Jerzykiewicz & Russell, 1991); proporciones basadas en un esqueleto real (Norell & Makovicky, 1999); cobertura de plumas (Turner, Makovicky & Norell, 2007) y postura semejante a la de un pariente conocido (Balanoff, Bever & Norell, 2014).

Esta reconstrucción también coincide con la reciente hipótesis de que las patas delanteras (alas) a lo sumo participaban para ayudar a este pequeño dinosaurio depredador a mantener el equilibrio durante el ataque, como hacen algunas aves actuales (Fowler, Freedman, Scannella & Kambic, 2011).

A futuro sería interesante una reconstrucción de su comportamiento que muestre la hipótesis de que no usaba su uña agrandada para herir a sus presas, sino para sostenerlas mientras las mordía (Fowler, Freedman, Scannella & Kambic, 2011).



**Figura 7.** Reconstrucción del *Velociraptor* cuando no se sabía que tenía plumas. Imagen: M. A. Rumbo, Wikia.com

## ACTIVIDAD 1

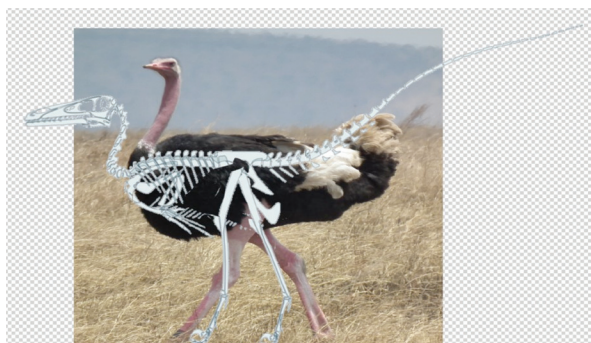
### Reconstrucción de un dinosaurio

#### Materiales:

- Imagen de un esqueleto de dinosaurio bípedo (por ejemplo: <https://goo.gl/vb9Q4W>)
- Imagen de un avestruz (disponible en: <https://goo.gl/jytWkM>)
- Computadora con un programa para imágenes, por ejemplo Gimp (programa gratuito en [gimp.com](http://gimp.com))

#### Metodología:

- **Paso 1:** Coloque el esqueleto y el avestruz en diferentes capas:



- **Paso 2:** Añada una capa de hábitat, estire el avestruz para ajustarse a las proporciones del esqueleto (no al revés) y añada detalles como sea necesario:



- **Paso 3:** Combine las capas y pula detalles para producir una imagen como ésta:



#### Evaluación:

La evaluación se puede basar en un cuestionario que incluya al menos las siguientes preguntas:

- ¿Cuál fue la parte más difícil de la reconstrucción?
- ¿Por qué?
- ¿Cuáles son las principales diferencias con la reconstrucción tradicional, que aparece en la figura 7?
- ¿Cuán diferente sería el comportamiento?
- ¿Cuán diferente sería el hábitat?
- ¿Qué le parece esta nueva imagen, científicamente razonable pero tan diferente de la que sale en la película *Parque Jurásico*?
- ¿Cuáles errores puede tener esta reconstrucción mejorada?

#### Consejos:

- El objetivo no es producir una reconstrucción de calidad profesional, sino evaluar si los estudiantes ajustan correctamente las proporciones y la apariencia.
- Ayude a los estudiantes que no están familiarizados con el programa de computadora y si es necesario, permítales trabajar junto con una persona que lo sepa usar bien.
- Si por alguna razón no puede utilizar una computadora, adapte esta actividad para

hacerse a mano. Los primeros paleoartistas hicieron las reconstrucciones con los medios tradicionales, tales como lápices, bolígrafos y acuarelas. Sus estudiantes también pueden hacerlo.

## SEGUNDO CONCEPTO: La resurrección de especies ya parece posible, pero en realidad se trata de copias

El segundo concepto que podemos enseñar con los dinosaurios en el aula (real o virtual) es lo irreversible de la extinción. *Parque Jurásico* implantó la idea de que podemos resucitar especies extintas, pero en realidad serían algo diferentes (Monge-Nájera, 2016b).

Nadie sabe qué causó la extinción de los dinosaurios; muchos científicos dudan que fuera un cometa y los fósiles indican que tuvieron una larga decadencia hasta desaparecer por completo, tal vez con ese golpe final desde el espacio. Fuera lo que fuera, la lección clave es que *están extintos y no podemos reconstruir ninguna especie extinta*.

Es una lástima haber perdido animales tan maravillosos, de los que se cree había miles de especies (solo hemos identificado unas 700). Los había tan pequeños como un gato (*Epidexipteryx*) y tan grandes como un edificio de cinco pisos (el *Brachiosaurus* de 80 toneladas, que medía 23 m largo y 12 m de alto). Estos gigantes salían de huevos

inesperadamente pequeños que, según la especie, iban de los 3 a los 30 cm de diámetro.

Por el momento, el dinosaurio más antiguo descrito formalmente es el *Eoraptor* de hace 230 millones de años; el último que dejó fósiles fue un *Triceratops* del Arroyo del Diablo en Montana, EE.UU, hace 65 millones de años. Se cree que ciertos saurópodos hacían migraciones de hasta 1400 km. Algunos eran lentos, pero el *Dromiceiomimus* alcanzaba 60 kilómetros por hora y el *Troodon* tenía un cerebro proporcionalmente tan grande como el de un mamífero, además de visión estereoscópica y manos hábiles (siendo candidato para el dinosaurio “más parecido a los humanos”).

Seguramente sus comportamientos eran fascinantes, con demostraciones de amenaza, cortejo y lucha que usaban sonidos y colores. Posiblemente algunos como *Maiasaurus* cuidaban a sus crías en el nido y vivían muchos años (hasta 30 años en el caso del *Tiranosaurus* y 80 años en el caso del *Diplodocus*). En al menos dos casos se fosilizaron los cadáveres de dinosaurios que murieron durante una pelea; en 1971 se halló un *Velociraptor mongoliensis* clavando sus garras en el cuerpo de un *Protoceratops andrewsi* (su pobre presa trataba de defenderse mordiéndole un ala, Figura 8).

Mucho antes de que se encontraran estos fósiles de peleas reales, la mente humana había producido imágenes de luchas de dinosaurios en novelas, dibujos y películas. Esa fascinación con la idea de poner juntos a personas y dinosaurios



Figura 8. Fósil de *Velociraptor* en aparente lucha con un *Protoceratops*. Imagen: Wikimedia.org



inspiró películas con presupuestos tan dispares como *Parque Jurásico*, de 1993 y *Muchachas del Valle de los Dinosaurios*, de Donald Glut (1996). Glut combina ambas especies en su curiosa casa-museo ([donglutsdinosaur.com](http://donglutsdinosaur.com)).

Pero, ¿están realmente extintos los dinosaurios? La respuesta, sorprendente, es que *no todos*. En la década de 1980 estuvo de moda la frase “La extinción es para siempre” pero tras la publicación en 1990 de la novela *Parque Jurásico*, del escritor estadounidense John Michael Crichton, surgió la idea de que la extinción ya no era para siempre, que era posible reconstruir las especies extintas.

En la vida real es muy improbable que exista ADN de dinosaurios del Jurásico en insectos atrapados

en ámbar, como aparece en la novela. Las aves actuales son descendientes directos de dinosaurios y su ADN tiene secuencias de dinosaurio. La prueba de tales secuencias es que ya han sido usadas para producir pollos con dientes (Harris, Hasso, Ferguson & Fallon, 2006). También es cierto que el hoacín sudamericano (*Opisthocomus hoazin*) ¡tiene garras en las alas! De hecho, siempre he pensado que si pudiéramos ver un arqueopterix vivo (*Archaeopteryx lithographica*) sería parecido al hoacín (Figura 9). En resumen, tanto el extinto arqueopterix como el hoacín tienen en común los genes que producían las garras delanteras en los extintos dinosaurios (Mayr, Alvarenga, & Mourer-Chauviré, 2011).



Figura 9. El hoacín, ave actual que se parece al extinto *Archaeopteryx*. Imagen: Wikimedia.org

## ACTIVIDAD 2

### ¿Realmente podemos volver a la vida a dinosaurios extintos? (Des-Extinción o Resurrección)

#### Materiales:

- Lápiz
- Papel
- El dibujo a lápiz de un dinosaurio (proyectado para la clase o impreso para cada estudiante). Por ejemplo este:



Fuente: Iguanodon por Peter Montgomery Licence Attribution-NonCommercial-ShareAlike flickr.com

## Metodología:

- Paso 1: Cada estudiante copia el dinosaurio dibujándolo con el lápiz.
- Paso 2: Permítales que se organicen en tres grupos y que elijan dentro de cada grupo el dibujo que se parece más al original.
- Paso 3: Comparta con toda la clase, los tres dibujos seleccionados y discutan cuánto se parecen al original. ¿Son copias fieles?

## Evaluación:

Puede hacer preguntas como las siguientes:

- ¿Cuál es la parte más difícil de producir una copia fiel?
- ¿Alguno de los dibujos es indistinguible del original?
- Considere el caso de las excelentes copias pintadas a mano de la Mona Lisa. Éstas realmente existen, pero son de poco valor comercial en comparación con el original. ¿Por qué cree que es así?
- Aplique su respuesta anterior a los dinosaurios imaginarios reconstruidos: ¿cuál es su conclusión?

## Consejos:

- Los estudiantes con poca habilidad para el dibujo pueden sentirse incómodos con la práctica. Recuérdeles que el objetivo no es producir una ilustración profesional.
- Si hay estudiantes que no desean hacer los dibujos puede proponerles otras actividades en las que pueden copiar algo con lo que se sientan más seguros. Esto está bien siempre y cuando aprendan la lección central: *las copias perfectas son imposibles*.

## TERCER CONCEPTO. La Ética en relación con los fósiles de dinosaurios y de otras especies

El tema de los dinosaurios también permite enseñar Ética. Consideremos un caso real, el robo de especímenes mongoles. En 2010, un comerciante estadounidense vendió, en poco más de un millón de dólares, un esqueleto casi completo de *Tyrannosaurus bataar*, hallado en el desierto de Gobi y sacado ilegalmente de Mongolia. El ejemplar fue devuelto a su país gracias a una gestión de la Ministra de Cultura de Mongolia (BBC, 7 de mayo 2013).

También podemos enseñar Ética, con hallazgos de dinosaurios en sitios como Argentina y África, donde científicos extranjeros se llevan a sus países tanto la fama del descubrimiento como los especímenes. Cierto que es conveniente que los especímenes no se queden en países donde los tesoros culturales pueden ser destruidos (como ha ocurrido recientemente en países islámicos,

Coles y Saif, 2015); pero en países democráticos y con larga tradición científica como Argentina, los especímenes deberían quedarse allí y ser descritos por investigadores locales, que están perfectamente capacitados para ello. Por su parte, las instituciones de países ricos también deberían dejar de prohibir que se fotografíen los fósiles, como sugiere Andrew Farke, quien critica esa práctica que busca, sin éxito, generar dinero mediante el secuestro de fósiles que son patrimonio de la humanidad (Farke, diciembre 5, 2013).

Otro ejemplo de manejo inmoral de fósiles es el de *Archaeopteryx lithographica*, ave primitiva muy cercana a los dinosaurios al que el físico R. S. Watkins y otros acusaron falsamente de ser “fabricado” (Watkins, Hoyle, Wickramasinghe, Watkins, Rabilizirov & Spetner, 1985). Aunque el artículo no apareció en una revista científica, sino en una revista para aficionados a la fotografía, sirvió de munición a los fanáticos que niegan la evolución y muestra el daño que puede hacerse con una calumnia (Feo, Field & Prum, 2015).

## ACTIVIDAD 3

### ¿Qué es lo que hay que hacer? La Ética en el estudio de los dinosaurios y otros fósiles

#### Materiales:

- Tarjetas de fósiles (Apéndice)
- Tarjetas de personajes (Apéndice)
- Opcional: acceso a un sitio gratuito de *blogs* como Blogger o Wordpress.

#### Actividades:

- Paso 1: Organice a los estudiantes en grupos de cinco para desempeñar papeles o escribir un blog. Dé a cada grupo una tarjeta de fósil diferente. Todos los grupos deben tener estudiantes que hagan los tres papeles, por lo demás pueden organizarse libremente.
- Paso 2: Para empezar la actividad, el estudiante que hace el papel de vendedor de fósiles debe preparar un anuncio para vender un fósil. Si los estudiantes actúan su papel en el aula, el anuncio se lee en voz alta; si eligen la opción del blog en línea, el anuncio se publica en Internet y es borrado en cuanto se termina la actividad.
- Paso 3: El estudiante que hace de paleontólogo critica la oferta y la extracción comercial de fósiles y los recolectores aficionados moderan el debate. Al final se prepara un breve informe oral o escrito para evaluación.
- Paso 4: La profesora o profesor compara los resultados de los grupos y los discute con ellos.

#### Evaluación:

Evalúe el esfuerzo con que hagan la práctica, más que el resultado en sí mismo, pues las opiniones pueden ser muy variadas.

También puede hacer preguntas como las siguientes:

- ¿Cuáles son las principales diferencias entre los casos presentados, desde el punto de vista del interés público?

- ¿Cuándo importa menos el interés público que el interés individual?
- ¿Se esperaba que todos los grupos llegaran a la misma conclusión? ¿Por qué?

#### Consejos:

- Los grupos difieren mucho en sus gustos: deje que elijan si quieren actuar los papeles o escribir blogs.
- Puede terminar la actividad analizando un caso real, el dinosaurio de Mongolia (J. Hecht, 2014 <http://goo.gl/DtwKwe>).

(Apéndices: tarjetas de personajes y fósiles)

## CONCLUSIÓN

La evolución de los dinosaurios es un tema fascinante, muy útil para ayudar a los estudiantes a aprender cómo funciona la Ciencia, conservación y Ética, todo ello conocimiento básico con un efecto importante sobre su futuro (Carter, Infanti y Wiles, 2015). Hay muchas formas de aprovechar los dinosaurios. Por ejemplo, Eliyahu (2014) usó recortes de papel y caricaturas para aprender acerca de la meiosis con un reptil ficticio y May (2014) diseñó actividades igualmente ingeniosas y de bajo costo, para calcular la velocidad de un dinosaurio, usando simplemente huellas recortadas en papel.

Otros docentes han desarrollado actividades atractivas para el estudio de la evolución, incluso con estudiantes prejuiciados contra la Ciencia por venir de ambientes anticientíficos (Saunders y Taylor, 2014; Schauer, Cotner & Moore, 2014).

Sobre la base de su conocimiento de cada grupo de estudiantes, usted puede decidir el orden en que estas actividades tendrán más éxito e incluso utilizar sólo algunas según el grupo. Las computadoras son más atractivas para estudiantes con habilidades técnicas (Actividad 1), mientras que estudiantes con tendencias más extrovertidas o artísticas pueden preferir las Actividades 2 y 3.

Lo importante es que estas actividades son flexibles, ya que combinan el trabajo individual con interacciones de grupo: le sugiero dejar que los estudiantes elijan; usted concéntrese en *motivarlos*.

La motivación es fácil con los dinosaurios y otros fósiles, porque algunos tenían características fantásticas que gustan mucho a las mentes jóvenes, por ejemplo *Spinosaurus aegyptiacus*, era aparentemente semiacuático y el increíble *Microraptor zhaoianus* ¡tenía cuatro alas!

Según lo recomendado por Krupa (2014), la narración es una buena manera de motivar en el aula, por lo que puede empezar por contar cómo uno de los fósiles más extraordinarios que se han encontrado en los últimos mil años, un hadrosaurio con su piel detalladamente fosilizada, no fue descubierto por un científico famoso, sino por Tyler Lyson, ¡un estudiante de secundaria! No puedo pensar en un mejor ejemplo para motivar a las mentes jóvenes sobre su enorme potencial en el mundo de la Ciencia.

## AGRADECIMIENTOS

A Zaidett Barrientos por inspirar este artículo con sus comentarios sobre errores en la reconstrucción de dinosaurios y a Sally Horn (Universidad de Tenesí, Knoxville) y S. R. May por sus valiosas sugerencias para mejorar el manuscrito. Gracias también a Mariana Rodríguez por su apoyo con el texto y a Sergio Aguilar por su ayuda con las figuras y tarjetas.

## REFERENCIAS

- Balanoff, A. M., Bever, G. S., & Norell, M. A. (2014). Reconsidering the Avian Nature of the Oviraptorosaur Brain (Dinosauria: Theropoda). *PLoS ONE*, 9(12): 1-15.
- BBC. (2013). *US returns stolen Tyrannosaurus dinosaur to Mongolia*. Recuperado de: <http://www.bbc.com/news/world-asia-22431009>
- Bierema, A. M. -K., & Rudge, D. W. (2014). Using David Lack's Observations of Finch Beak Size to Teach Natural Selection & the Nature of Science. *The American Biology Teacher*, 76(5): 312-317.
- Carter, B. E., Infanti, L. M., & Wiles, J. R. (2015). Boosting Student's Attitudes & Knowledge about Evolution Sets Them Up for College Success. *The American Biology Teacher*, 77(2): 113-116.
- Chudyk, S., McMillan, A. & Lange, C. (2014). Using the Eastern Hellbender Salamander in a High School Genetics and Ecological Activity (Enlace). *The American Biology Teacher*, 76(5): 338-344.
- Coles, I. y Saif, H. (2015). With sledgehammer, Islamic State smashes Iraqi history. *Reuters*. Recuperado de: [reuters.com/article/2015/02/26/us-mideast-crisis-iraq-museum-idUSKBNOLU-1CW20150226](http://reuters.com/article/2015/02/26/us-mideast-crisis-iraq-museum-idUSKBNOLU-1CW20150226)
- Dzemeski, G. & Christian, A. (2007). Flexibility along the neck of the ostrich (*Struthio camelus*) and consequences for the reconstruction of dinosaurs with extreme neck length. *Journal of Morphology*, 268 (8): 701-14.
- Eliyahu, D. (2014). 'Chromoseratops meiosis': a simple, two-phase exercise to represent the connection between meiosis and increased genetic diversity. *The American Biology Teacher*, 76(1): 53-56.
- Farke, A. (2013). Developing an Ethic for Digital Fossils. *Digitation*. Recuperado de: <http://blogs.plos.org/paleo/2013/12/05/developing-an-ethic-for-digital-fossils/>.
- Feo, T. J., Field, D. J., & Prum, R. O. (2015). Barb geometry of asymmetrical feathers reveals a transitional morphology in the evolution of avian flight. *Proceedings of the Royal Society B*, 282: 1-9.
- Fowler, D. W., Freedman, E. A., Scannella, J. B., & Kambic, R. E. (2011). The Predatory Ecology of *Deinonychus* and the Origin of Flapping in Birds. *PLoS ONE*, 6(12): 1-13.
- Harris, M. P., Hasso, S. M., Ferguson M. W., & Fallon, J. F. (2006). The development of archosaurian first-generation teeth in a chicken mutant. *Current Biology*, 16(4): 371-7.
- Huang, T., Zhang, M., Wei, Z., Wang, P., Sun, Y., Hu, X... & Zhao, Y. (2012). Analysis of immunoglobulin transcripts in the ostrich *Struthio camelus*, a primitive avian species. *PLoS One*, 7(3): e34346.
- Jerzykiewicz, T., & Russell, D. A. (1991). Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research*, 12(4): 345-377.
- Krupa, J. J. (2014). Scientific Method & Evolutionary Theory Elucidated by the Ivory-billed Woodpecker Story. *The American Biology Teacher*, 76(3): 160-170.
- May, S. R. (2014). The Coevolution of *Tyrannosaurus* & Its Prey: Could *Tyrannosaurus* Chase Down & Kill a *Triceratops* for Lunch? *American Biology Teacher* 76(2): 118-123

- Mayor, A. (2000). The 'Monster of Troy' Vase: The Earliest Artistic Record of a Vertebrate Fossil Discovery? *Oxford Journal of Archaeology*, 19(1): 57-63.
- Mayr, G., Alvarenga, H. & Mourer-Chauviré, C. (2011). Out of Africa: Fossils shed light on the origin of the hoatzin, an iconic Neotropic bird. *Naturwissenschaften*, 98(11): 961-6.
- Monge-Nájera, J. (2016a). Ann's secret relationship with King Kong: a biological look at Skull Island and the true nature of the Beauty and Beast Myth. *CoRis: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 12, 13-28.
- Monge-Nájera, J. (2016b). Resurrección de especies extintas: el por qué sí y el por qué no de la des-extinción en lenguaje sencillo. *Biocenosis*, 30(1-2): 80-86.
- Norell, M., & Makovicky, P. J. (1999). Important features of the dromaeosaurid skeleton. 2, Information from newly collected specimens of *Velociraptor mongoliensis*. *American Museum novitates*, 3282: 1-45.
- Saunders, C., & Taylor, A. (2014). Close the Textbook & Open "The Cell: An Image Library". *American Biology Teacher*, 76(3): 201-207.
- Schauer, A., Cotner, S., & Moore, R. (2014). Teaching evolution to students with compromised backgrounds & lack of confidence about evolution - is it possible? *The American Biology Teacher*, 76(2): 93-98.
- Turner, A. H., Makovicky, P. J. & Norell, M. A. (2007). Feather quill knobs in the dinosaur *Velociraptor*. *Science*, 317(5845): 1721.
- Watkins, R. S., Hoyle, F., Wickramasinghe, N. C., Watkins, J., Rabilizirov, R., & Spetner, L. M. (1985). *Archaeopteryx: A Photographic Study*. *British Journal of Photography*, 132: 264-266.
- Yerky, M. D., & Wilczynski, C. J. (2014). The Mystery of the Skulls: What Can Old Bones Tell Us about Hominin Evolution? *The American Biology Teacher*, 76(2): 109-117.

# APÉNDICES:

## Tarjetas para recortar



**Fósil 1** Un cráneo casi completo de dinosaurio carnívoro encontrado en un terreno privado de EE.UU. El fósil se encuentra en una región árida, donde muy pocas personas han entrado y donde la mayor parte de la erosión es lenta y causada por el viento.



**Fósil 2** Dinosaurio pequeño con la mitad completa proveniente de Brasil. A juzgar por el tamaño puede ser un espécimen inmaduro y no se parece nada a los otros ejemplares que han sido encontrados previamente. Fue expuesto por las olas en la base de un acantilado, donde las caídas de rocas son un problema frecuente.





### Fósil 3

Dinosaurio herbívoro grande encontrado en el desierto del Sahara, norte de África. Se encontró en una región plagada por el crimen y los disturbios civiles donde un pequeño museo local fue recientemente destruido por los rebeldes.



### Fósil 4

Dinosaurio con plumas incompleto del este de China; las impresiones de las plumas tienen gran detalle. Fue encontrado por un campesino pobre durante la preparación de su tierra para sembrar sorgo. El contrabando de fósiles conlleva castigos muy fuertes en China, donde además hay científicos de nivel mundial que podrían estudiar debidamente el fósil.





## Fósil 5

Dinosaurio completo con grandes ojos hallado en la Antártida al ser expuesto brevemente durante el verano.



## Tarjetas con la información de identidad



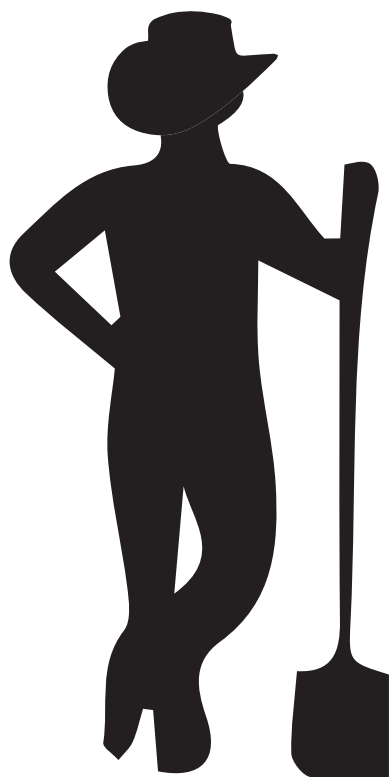
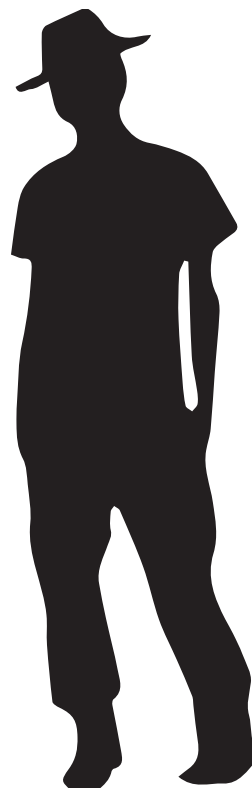
### Recolector aficionado

Usted siempre ha estado interesado en los fósiles y sabe que si encuentra uno, y lo vende en el mercado ilegal, puede ganar lo mismo que ganaría en cinco años en su trabajo normal. Pero si es descubierto, puede pasar muchos años en la cárcel y tal vez morir allí: está profundamente indeciso.



## Vendedor de fósiles

Usted sabe que los fósiles extraídos sin procedimientos científicos pierden información valiosa, pero su posición es que los investigadores institucionales son insuficientes para extraer y conservar la gran cantidad de fósiles que yacen en el suelo. Usted opina que los vendedores ayudan a la sociedad, proporcionando fósiles interesantes tanto a aficionados como a científicos. Su lema es “Honestidad, conocimiento y experiencia”.



## Paleontólogo profesional

Usted es un paleontólogo profesional y le encanta su trabajo en el museo o la universidad. Le fascinan los fósiles desde la infancia y opina que sólo deben extraerse mediante un procedimiento científicamente válido. De lo contrario, tienen poco, o ningún valor científico, ya que no podremos saber cuándo y dónde vivían estos animales, cuáles otras especies compartían su ecosistema y cómo eran sus habitantes.

