

## La osteotecnia como estrategia para la enseñanza de la anatomía comparada

César Morales<sup>1</sup>  
cesarambienteluz@planetmail.com

U.E.N. Dr. Máximo Arteaga Pérez  
Venezuela

Eloy León<sup>2</sup>  
cesarambienteluz@planetmail.com

U. E. Udón Pérez  
Venezuela

Recibido: Julio, 2019  
Aceptado: Noviembre, 2019

### RESUMEN

Son innegables las dificultades, problemas u obstáculos que en algunos casos implica enseñar el tópico evolutivo. Sin embargo, los temas referidos a la evolución biológica son sumamente relevantes. Por ello, el docente debe buscar herramientas para incentivar a los estudiantes durante las clases de biología. La presente investigación descriptiva y de campo tuvo como propósito favorecer la formación académica de estudiantes de 4to. año en los tópicos de evolución y anatomía comparada usando la osteotecnia. La estrategia se realizó en 8 fases. La interacción indica que la estrategia favorece la asimilación y comprensión del contenido escolar. De igual forma, permitió que el estudiante relacionar diversos temas y distintas disciplinas.

Palabras clave: osteotecnia, estrategias, evolución, aprendizaje.

---

<sup>1</sup>Licenciado en Educación Mención Biología por la Universidad del Zulia (2012). Especialista en Educación ambiental por la Universidad Rafael Urdaneta (2016). Docente adjunto en Unidad educativa Nacional Dr. Máximo Arteaga Pérez de Biología y Ciencias Naturaleza. Adscrito a las líneas de investigación: educación ambiental y desarrollo sostenible. Investigador (A1) acreditado en el Programa de Estímulo al Investigador (PEII).

<sup>2</sup>Licenciado en educación Mención Biología por La universidad del Zulia (2012). Magister Scientiarum en enseñanza de la biología. Docente de Ciencias Naturales y Biología en U. E Udón Pérez

## **Osteotechnics as a strategy for the teaching of comparative anatomy**

César Morales  
cesarambienteluz@planetmail.com

Eloy León  
cesarambienteluz@planetmail.com

U.E.N. Dr. Máximo Arteaga Pérez  
Venezuela

U. E. Udón Pérez  
Venezuela

*Received: July, 2019*  
*Accepted: November, 2019*

### **ABSTRACT**

The difficulties, problems or obstacles that in some cases involve teaching the evolutionary topic are undeniable. However, the issues related to biological evolution are extremely relevant. Therefore, the teacher should look for tools to encourage students during biology classes. The purpose of this descriptive and field research was to promote the academic training of 4th year students in the topics of evolution and anatomy compared using osteotechnics. The strategy was carried out in 8 phases. The interaction indicates that the strategy favors the assimilation and compression of school content. Likewise, it allowed the student to relate different topics and different disciplines

Keywords: osteotechnics, strategies, evolution, learning.

## **Osteotécnica como estratégia para o ensino da anatomia comparada**

César Morales  
cesarambienteluz@planetmail.com

Eloy León  
cesarambienteluz@planetmail.com

### **RESUMO**

As dificuldades, problemas ou obstáculos que em alguns casos envolvem o ensino do tópico evolutivo são inegáveis. No entanto, as questões relacionadas à evolução biológica são extremamente relevantes. Portanto, o professor deve procurar ferramentas para incentivar os alunos durante as aulas de biologia. O objetivo desta pesquisa descritiva e de campo foi promover a formação acadêmica dos alunos da 4ª série nos tópicos de evolução e anatomia comparados usando osteotécnica. A estratégia foi realizada em 8 fases. A interação indica que a estratégia favorece a assimilação e compressão do conteúdo escolar. Da mesma forma, permitiu ao aluno relacionar várias disciplinas e diferentes disciplinas.

Palavras-chave: osteotecnia, estratégias, evolução, aprendizagem.

## Introducción

Al revisar la historia de la enseñanza de las ciencias y en particular de las ciencias biológicas, es posible encontrar en ocasiones dificultades para enseñar y aprender algunos contenidos que suelen ser abstractos (Linares, Gisbert y Garson, 2014). Uno de esos contenidos son los referentes a la evolución, pues siempre han sido cuestionados (Tamayo, 2010), no solo por el impacto que ha tenido en la sociedad sino por el conflicto que puede generar para algunos en el proceso de enseñanza-aprendizaje (León, Chandler y Paredes, 2016).

Además, son innegables las dificultades, problemas u obstáculos que en algunos casos implica enseñar el tópico evolutivo. De hecho, existe una amplia bibliografía (Jalil 2008; Fowler y Meisls, 2010; González, 2011; Oliveira, Pagan y Bizzo, 2012; González y Meinardi, 2015; Gallego y Muñoz, 2015; León, 2016, Rivas y González, 2016, entre otros) que respalda la presencia de conflictos, preconcepciones, obstáculos epistemológicos y necesidad de nuevas estrategias durante la dinámica de una clase de evolución.

Sin embargo, los temas referidos a la evolución biológica son sumamente relevantes, teniendo una gran influencia en los campos como la medicina, agricultura, ganadería, biotecnología y otras disciplinas (Mavares, 2013; Keskin y Köse, 2015; León, 2016; entre otros).

Por ello y más razones el docente debe buscar herramientas para incentivar a los estudiantes durante las distintas clases de biología y para promover el conocimiento científico de manera eficaz. En este sentido Correa (2005), menciona que en la dinámica de la enseñanza-aprendizaje se requiere una serie de

estrategias, métodos y procedimientos, de manera tal, que los estudiantes sean considerados como sujetos activos, logrando la comprensión de determinados temas. En efecto, comprender que el estudiante es una persona activa durante la enseñanza, facilita el quehacer educativo al momento de compartir contenidos escolares abstractos como la evolución biológica.

En base a lo anterior expuesto, la evolución biológica a pesar de ser considerada como un tópico con niveles de abstracción, que suelen ser en ocasiones dificultosos para algunos estudiantes, cuenta con una serie de evidencias que respaldan dicha teoría. Una de ellas es la anatomía comparada. Siendo esta un estudio de comparación entre las estructuras morfológicas, también está la parte del sistema esquelético, con el cual pueden realizarse prácticas en el campo de la Biología.

En razón a lo anterior, una de las formas para abordar esta temática, relacionada con la anatomía comparada, es realizar prácticas de laboratorios donde los estudiantes puedan manipular las muestras, detallando mediante la observación y realizando descripciones o análisis, a la par, que están haciendo algún tipo de técnica, como lo es la osteotecnia; esta puede ser utilizada como estrategia didáctica mejorando así el proceso enseñanza aprendizaje.

Bajo estas consideraciones, el propósito de esta investigación es favorecer la formación académica de estudiantes de 4to año en los tópicos de evolución y anatomía comparada usando la osteotecnia de animales vertebrados como medio para tal fin.

## Referentes teóricos

### Antecedentes

Los antecedentes que tratan la temática de la osteotecnia son limitados y autores como Rodríguez y Ramírez (2009) informan que este ha sido un tema escasamente abordado y los pocos estudios académicos que se han publicado se centran en preservar piezas anatómicas para museos y para enseñanza casi explícitamente, de las ciencias médicas y veterinarias (Cortés y Gómez 2013).

De los estudios publicados, cabe mencionar el de Correa (2005) quien realizó un trabajo académico titulado conservación de piezas anatómicas en seco mediante el método de prives. Este trabajo se basó en la exposición de los métodos usados en la medicina veterinaria para fines de conservación de tejidos y órganos. Dicho estudio demostró que existe una metodología para realizar la osteotecnia, pero no menciona algún uso didáctico en la enseñanza de los temas tratados en la presente investigación.

Por su parte Cañete, Sánchez y Nodan (2014), realizan una investigación titulada ensamblaje artesanal de un esqueleto canino mediante variantes de osteotecnia. Dicha investigación fue realizada con una muestra de veterinarios y se fundamentó en una práctica de articulado artesanal de un sistema esquelético de perro usando variantes de osteotecnia con el fin de contribuir a la asimilación de los temas de Osteología. Cañete *et al.*, (2014) da un claro acercamiento entre la osteotecnia y la enseñanza de las ciencias donde manifestaron que los modelos anatómicos pueden funcionar como una herramienta para facilitar un aprendizaje significativo.

Por otro lado, Cortés y Gómez (2013) realizaron una investigación titulada alternativas en la enseñanza mediante la utilización y caracterización de modelos anatómicos veterinarios, aplicando técnicas de conservación. Encontraron como hallazgos que la utilización de modelos conservados como alternativa para la enseñanza de las estructuras anatómicas mejoró la comprensión y la ubicación topográfica de los estudiantes mediante una mejor comprensión por la facilidad para la manipulación y la apreciación detallada de las características anatómicas.

Finalmente, Rodríguez y Ramírez (2009) estudiaron la Osteotecnia en peróxido de hidrógeno y ácido acético como una herramienta para la conservación de material óseo para fines docentes o de exhibición en museos. Demostraron que la técnica de conservación de material óseo permitió rescatar piezas y estructuras óseas de difícil adquisición. Es un método rápido y de muy baja toxicidad, fácil de aplicar y de un costo relativamente bajo en comparación con otros descritos en la literatura.

Se puede afirmar entonces que el mayor uso de las técnicas de osteotecnia ha sido en el área de enseñanza de anatomía para estudiantes de carreras relacionadas con la medicina. Es decir, que son escasos los estudios que relacionan la osteotecnia como medio para facilitar la comprensión de anatomía comparada en clases de evolución biológica a nivel de educación media (secundaria). De manera que, su aplicación facilitaría la comprensión de los contenidos programáticos tomados a consideración en el presente estudio.

### **Anatomía comparada: Estructuras análogas y homologas**

La anatomía comparada, es una rama de la biología que se encarga de estudiar las estructuras morfológicas. Siendo también, una línea de investigación en la cual hace comparaciones de las diferencias y semejanzas entre las especies. Evidentemente, si los organismos tienen una historia evolutiva, pueden aparecer rasgos similares entre estos (incluyendo al humano). Estas estructuras según sea el caso, son llamadas homologas o análogas.

Las estructuras análogas, son aquellas que comparten función similar pudiendo o no tener un origen parecido (Pérez y García, 2009), aunque comúnmente en la referencia bibliográfica aparece que el origen es diferente. Este tipo de evidencia es entendida y explicada con la llamada evolución convergente; proceso cuando los organismos, sean plantas, animales o cualquier otro, tienen un parentesco distanciado, pero que estando en condiciones con presiones selectivas muy parecidas, presentan independientemente caracteres adaptativos equivalentes (Curtis, Barnes, Schenek y Massarini, 2008).

Las alas de las mariposas, murciélagos, aves, tiene la misma función adaptativa, sin embargo, difieren en su origen. Mientras que las alas de los murciélagos están formadas por piel que se extendió por entre los huesos del brazo y de los dedos, el del ave está formado por plumas y las alas de las mariposas están constituidas por membranas de quitina. La capa externa que sirve como armadura de los armadillos y los pangolines; las aletas de los peces, ballenas, orcas, son ejemplos de estructuras análogas (Pérez y García, 2009).



Las estructuras homologas, son las que comparten un origen en común, cumpliendo la mayoría de los casos con una función distinta. Es entendida y explicada desde la evolución divergente; proceso en el que una población biológica o parte de ella, llega a quedar separada de la población originaria, y a través de las presiones selectivas y determinados factores del azar, continúan distintos caminos evolutivos (Curtis *et al.*, 2008).

Las extremidades de los tetrápodos, son un ejemplo de estructuras homologas. Asimismo, el plan estructural de los huesos de la extremidad superior del hombre, ballena, murciélago, foca, tortuga, entre otros, poseen la misma secuencia.

### **Osteotecnia**

La técnica de la osteotecnia, hace referencia al conjunto de procesos o procedimiento para la preservación y cuidado de estructuras o piezas óseas. Basado primordialmente en la obtención, limpieza y blanqueado del material óseo, con el fin no solo de conservar el sistema esquelético, sino que también pueda ser compartido para fines demostrativos, tales como en los museos o en espacios escolares, como escuelas, colegios y universidad (Rodríguez y Ramírez, 2009).

### **Esquema metodológico.**

La presente investigación es de campo y tiene un enfoque cualitativo, ya que emplea la recolección de datos sin medición numérica, esto con el propósito de descubrir preguntas de investigación durante el desarrollo de la interpretación (Baptista, Collado y Sampieri, 2010). Asimismo, aunque se realizó la práctica de

laboratorio de osteotecnía, el estudio es no experimental ya que no se llevó a cabo la experiencia en un grupo experimental y en un grupo de control, sino que todo el grupo de estudiantes fueron tomados en cuenta como muestra para obtener de su totalidad los resultados (Del cid, Méndez y Sandoval, 2007).

En cuanto a la población, esta constó de 32 estudiantes de una unidad educativa privada del municipio Maracaibo. El muestreo fue de tipo de selección de los investigadores, en este tipo de muestreo el investigador selecciona el subconjunto de la población mediante unos criterios establecidos y por la viabilidad para acceder a la porción con la que se desea trabajar. La técnica para la recolección de información estuvo conformada por la entrevista abierta y la observación directa, participante y no estructurada (Del cid *et, al.*, 2007). De igual manera, el instrumento usado para registrar la observación directa fue una boleta de observación de contenido, para contrastar los conceptos y explicaciones evolutivas; tal y como siguen Del cid *et, al.* (2007. pp. 105). Y, Los resultados se exponen de manera descriptiva – explicativa.

### **Recursos utilizados.**

Los recursos están divididos en físicos, químicos, biológicos y didácticos (Tabla 1). Cada uno de los materiales cumple una función en específico, para mantener un protocolo de laboratorio acorde a las clases teóricas. Para este caso los recursos físicos; contribuyen a la protección, utilización de herramientas para realizar la disección y montaje. Los recursos químicos, están representados por las soluciones químicas y de pegamento.

En los recursos biológicos, están los organismos utilizados para la práctica de laboratorio tales como: Paloma (*Columba livia*), chivo (*Capra aegagrus hircus*), iguana (*Iguana iguana*), sapo (*Bufo Bulgaris*), tortuga pintada (*Trachemys scripta*), una serpiente sabanera (*Atractus crassicaudatus*) y los dermestidos que ayudaran a digerir el material orgánico blando de las estructuras óseas de los ejemplares a preservar. Los *dermestes* son animales invertebrados dentro de la familia de los *coleópteros*, que pueden consumir tejidos blandos de animales muertos, por tanto, son utilizados para este tipo de práctica.

Por último, los recursos didácticos, están representados por el material de apoyo que facilita el proceso de enseñanza y aprendizaje.

**Tabla 1.** Recursos para la práctica de osteotecnia

<b>Recursos físicos</b>	<b>Recursos químicos</b>	<b>Recursos biológicos</b>	<b>Recursos didácticos</b>
Bisturís, tapa bocas, guantes quirúrgicos, batas de laboratorio, bandejas de disección, vasos de precipitado, tijeras y pinzas, bases de madera y alambres.	Alcohol absoluto, formaldehido, peróxido de hidrogeno, hidróxido de sodio, silicón y pegamento.	Los ejemplares a disecar y una pareja de <i>dermestes</i> .	Láminas. Dibujos esquemáticos de sistemas esqueléticos. Lápices y marcadores

Fuente: El autor.

## **Actividades desarrolladas**

### ***Fase I: Preparación***

Se seleccionaron los ejemplares a diseccionar. Se tomaron en consideración animales vertebrados de las clases anfibios, reptiles, mamíferos y aves. A los cuales

los estudiantes (según su posición geográfica) tuvieran acceso de coleccionar. Se dividió la sección del 4to año "A" en grupos de 3-8 integrantes.

### **Fase II: La colecta**

En esta fase cada grupo coleccionó el ejemplar de la clase asignada. Para el grupo de aves se coleccionó una paloma (*Columba livia*), El grupo de anfibios atrapó un sapo común (*Bufo Bulgaris*). El grupo de reptiles coleccionó una tortuga pintada (*Trachemys scripta*), una iguana (*Iguana iguana*) y una serpiente sabanera (*Atractus crassicaudatus*). Y el grupo de mamíferos un chivo (*Capra aegagrus hircus*). Para realizar la colecta se seleccionaron individuos adultos, muertos y contando con todas las piezas. Posterior a la colecta los animales fueron trasladados uno por semana al laboratorio de ciencias para practicar el diseccionado.

### **Fase III: Disección**

Los ejemplares fueron llevados al laboratorio congelados, en seco o en formaldehído. La disección se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de Ojeda y Escobar (2000) y fue realizada con los implementos de bioseguridad necesarios tales como uso de guantes, mascarillas, bata de laboratorio, uso de jabones, entre otros.

Los cortes de la disección fueron realizados con bisturí (numero 22) desde la región oral a la porción anal en un ángulo ventral. Se retiró cada órgano y todos los tejidos blandos con escarpelo y pinzas. Se desarticuló la cabeza en una vértebra cervical al azar y los miembros anteriores y posteriores del esqueleto apendicular cortando suavemente en los músculos y tendones que los unen a su respectiva

articulación (Gloobe, 1990). Todos los tejidos y órganos fueron desechados en bolsas.

#### ***Fase IV: Limpieza***

Consistió en retirar todo el tejido blando de las estructuras óseas y cartilaginosas propias del esqueleto. Para lograr la limpieza se siguieron las técnicas citadas por (Ortega, 2014, Correa, 2005 y Cañete *et al.*, 2014). Se dividieron las técnicas y cada grupo utilizó una para elaborar su modelo anatómico:

**La técnica del raspado:** fue usada para quitar los sobrantes de tejidos blandos del esqueleto del sapo y de la iguana. Esta consiste en calentar la osamenta en agua por unos 5 minutos y posteriormente con el bisturí retirar los tejidos que aún quedan después de la hervidura (Ojeda y Escobar, 2000).

**La técnica bacteriológica:** fue usada en la paloma y consistió en sumergir los huesos que aun poseen tejidos en agua a unos 35-40 grados centígrados. El envase de vidrio y sin tapa es colocado en un lugar fresco (Cañete *et al.*, 2014 y Rodríguez y Ramírez, 2009). Los huesos permanecieron en el líquido hasta que los microorganismos digirieran todos los tejidos blandos.

**La técnica de los dermestidos:** fue usada con la serpiente, consistió en colocar el animal vertebrado previamente desollado en un cultivo de escarabajos de la familia *dermestidae*. Los *coleópteros* comen la carne en un tiempo variable que depende del tipo de animal, tejidos presentes y cantidad de insectos en el cultivo.

**La técnica de la soda caustica:** fue utilizada con las piezas del chivo y consistió en sumergir los huesos en una solución de 60 gramos de soda caustica en hojuelas diluidas en un balde de agua (18litros) potable por 8 horas.

**La técnica de los insectos rapaces:** fue usada para la tortuga. El esqueleto limpiado a grosso modo es colocado en una caja de cartón, en cuyas paredes se abren previamente orificios. La caja con el esqueleto se coloca en un nido de hormigas que comen la carne.

Fase V: Blanqueamiento.

Luego de dejar los huesos limpios de tejidos se sumergen en agua con detergente para quitar la grasa. Posteriormente se lavan con agua corriente y se sumergen en peróxido de hidrogeno al 20% (Rodríguez y Ramírez, 2009). Se iba verificando el color de los huesos hasta que estuviesen suficientemente blancos. Después del blanqueado se lavan con agua corriente y se colocan todos los huesos al sol para lograr que estén completamente secos (Ojeda y Escobar, 2000).

### ***Fase VI: Montaje***

Se verifica que estén todas las piezas óseas. Usando imágenes de los sistemas esqueléticos se comenzó a unir las articulaciones pegándolas con pegamento, silicón y alambres. La base usada es de madera y sus dimensiones van de acuerdo al ejemplar el cual se colocó en la posición más natural posible. Las vértebras se unen mediante una cabilla de poco calibre a través del canal medular, dando a la columna vertebral la posición adecuada (Cañete *et al.*, 2014). Se colocó en papel el título, el nombre científico y la clasificación taxonómica del animal.

### **Fase VII: Comparación**

En esta fase se presentaron los modelos anatómicos en el aula. Previamente se había explicado el tema de evolución y anatomía comparada. Esto último se realizó siguiendo las propuestas de Díaz y Hernández (1999): Un momento preinstruccional donde los investigadores dieron unos datos interesantes sobre la anatomía comparada como evidencia de la evolución, se realizó una lluvia de ideas y algunos estudiantes compartieron su punto de vista. Luego se dio paso al segundo momento de la clase que fue el desarrollo; En dicho momento los educandos se colocaron en sus mesas junto a su ejemplar diseccionado. El docente haciendo uso de la técnica de la pregunta le indicaba a los estudiantes que observaran y compararan los miembros anteriores, los posteriores, el desarrollo de la columna, la boca, la región cefálica y la caja torácica de cada una de las clases de animales desde el menos evolucionado (anfibio) hasta las aves.

Para el último momento de la actividad se usó una retroalimentación donde se escuchaba y aclaraba las dudas de los estudiantes. Cada grupo expuso su esqueleto y eran entrevistados por los demás integrantes de los otros grupos para elaborar un informe sobre las estructuras corporales vistas durante el proceso de la disección, su utilidad evolutiva y como estas son un claro ejemplo de adaptación al medio.

En esta última fase los estudiantes relacionaron las apariciones de los órganos vestigiales, estructuras en humanos y animales con sus posibles explicaciones evolutivas. Discutieron entre ellos y llegaron a sus conclusiones sobre

la adaptación de las estructuras observadas durante el desarrollo de las disecciones.

Una vez finalizada la parte procedimental se realizó una evaluación de la temática en cuestión. Se solicitó a los estudiantes informes sobre el desarrollo evolutivo de las estructuras que debatieron en clases. Y, fue aplicada la entrevista.

### **Principales hallazgos y discusión.**

Posterior a la actividad evaluativa y procedimental fue realizado el sondeo de las explicaciones y el lenguaje (manejo de conceptos) de los educandos. Asimismo, al efectuar las entrevistas abiertas se obtuvieron palabras claves de las respuestas y se compararon con palabras claves de los contenidos en cuestión. Esto se procesó con ayuda de una boleta de observación de contenido, permitiendo sistematizar en una tabla (tabla 3) los diversos aportes educativos que generó la estrategia de la osteotecnica.

**Tabla 3.** Aportes de la osteotecnica

<b>Aportes</b>	<b>Logros del estudiante</b>
<b>Brinda una gran cantidad de información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta la capacidad de observación</li> <li>• Permite el desarrollo de los procesos mentales de la formulación de hipótesis, descripción, comparación y el análisis científico.</li> </ul>
<b>Proporciona no solo experiencias auditivas sino también olfativas, táctiles y visuales.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El aprendizaje se dio también por descubrimiento y de manera diversa (para los auditivos, los visuales y los quinestésicos)</li> </ul>
<b>Permite que los estudiantes expresen sus ideas previas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor interés y motivación para el aprendizaje.</li> </ul>



<b>Brinda un ambiente donde el aprendizaje tradicional se rompe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite un aprendizaje divertido, participativo y que incentiva a la curiosidad.</li> </ul>
<b>Proporciona un modelo en 3D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejora la comprensión de la fisiología, anatomía y origen evolutivo de las partes de algunos vertebrados.</li> </ul>
<b>Permite la interpretación de la anatomía comparada.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolida el conocimiento adquirido en clases.</li> <li>• Debate activamente planteando y argumentando críticamente.</li> <li>• Encuentra un significado adaptativo y evolutivo a las estructuras esqueléticas de las clases anfibios, reptiles, mamíferos y aves.</li> </ul>

Fuente: El autor.

La puesta en práctica de la investigación facilitó una experiencia diferente y analítica puesto que, permitió observar diversas actitudes y reacciones en los estudiantes que participaron en las clases. Se observó que los participantes desarrollaron una mayor apreciación actitudinal hacia los animales.

También, la incorporación de la observación a una escala diferente a las conocidas, despertó la curiosidad en los educandos para estudiar las estructuras de los ejemplares; en este respecto sugieren Baranzelli *et, al.* (2014) que estas experiencias permiten “ejercitar la motricidad fina” (p.83). Además, se promovió el uso de instrumentos de laboratorio, se ha colaborado con la comprensión de conceptos científicos, se desarrollaron capacidades de trabajo en equipo, cooperación y participación que conducen a identificar la importancia del desarrollo de compromisos sociales y personales.

Para los investigadores, es claro que dicha metodología no pertenece al esquema tradicional de impartir clases. De tal manera, esta forma de compartir el contenido científico transforma el aula-laboratorio en un lugar con un clima dinámico y de motivación que incentiva a la curiosidad. En este sentido, las actividades referidas a la anatomía comparada tienden a favorecer las habilidades del pensamiento, como lo enfatiza Urquiza, Carezzano, Dorflinger y Alonso (2012) indicando que “reflejan mejor el quehacer científico que el otorgado por la exposición de una visión única y estática, debido a que potencian la productividad científica y la generación de teorías, los productos más importantes del quehacer científico” (p.137).

Ahora bien, la utilización de modelos anatómicos ha sido un gran avance en las asignaturas científicas (Rojas, 2013) y como recurso para el aprendizaje de las estructuras anatómicas y de la evolución. Con ello, vale decir que en esta investigación mejoró la comprensión y la ubicación topográfica de los educandos, facilitando la comprensión del tópico evolutivo, gracias a la facilidad para la manipulación y la apreciación detallada de las características anatómicas. Las estructuras que más fáciles pudieron comparar fueron las correspondientes a las extremidades anteriores y posteriores. Y las más dificultosas fueron las referidas a región de la boca. En la práctica los estudiantes están tocando, oyendo, oliendo, observando, además, están aplicando los conceptos discutidos en el aula, en un proceso de investigación didáctica; lo cual contribuye a hacer que el aprendizaje tenga significado para ellos.

Asimismo, la práctica permitió que los participantes se involucraran en debates de alta calidad, a este respecto Loannidis (2011) afirma que los debates en torno a diversas evidencias servirían para facilitar un mejor aprendizaje, al enriquecer la visión del estudiantado. Lo anteriormente expuesto, está en concordancia con este estudio, ya que los estudiantes buscaban crear sus propias ideas, para dar explicación evolutiva a las diferentes estructuras que observaban en los modelos anatómicos. Dichas ideas fueron posteriormente contrastadas o verificadas por ellos mismos en sus investigaciones. Por ello, también se logró que los participantes fomentaran la capacidad investigativa. De esta manera, se cumple con uno de los propósitos de la ciencia en el ámbito formal tal y como lo menciona Angarita (2011): “la ciencia natural pretende el desarrollo de habilidades investigativas en los individuos” (p.12).

De igual forma, fue incentivada la motivación de los estudiantes por las ciencias biológicas; hallazgos similares reportan Villarroel y Troncoso (2017), al encontrar que, al realizar variaciones de diferentes técnicas, que permitan presentar ejemplares preservados se logra una mejor motivación en los estudiantes. A su vez, se deja de lado el estigma al cual se ha visto expuesta dicha asignatura.

Esta investigación también permitió a los estudiantes tener un gran interés por aprender temas complejos usando materiales y recursos que motivaron a hacerse preguntas e indagar sus respuestas. Tal y como lo dice Angarita (2011), en referencia a la motivación estudiantil en las ciencias, esta “nace del interés por descubrir ese conocimiento y dar solución a una serie de preguntas, inquietudes o

hipótesis que deben en conjunto indagar, para llegar a unos resultados concretos siempre y cuando, dicho conocimiento signifique algo en sus vidas” (p.12).

La realización de estos modelos artificiales usando la osteotecnia, contribuyó a una participación activa de los estudiantes, debido que, fueron los que realizaron con ayuda docente las maquetas orgánicas (Figura 1) que posteriormente usarían para la explicación de la evolución biológica. En este orden de ideas Urquiza *et, al.* (2012) dicen que “debe estimularse al alumnado a realizar sus propios modelos explicativos del mundo. Estas nociones podrían servir para orientar en la enseñanza de conceptos tan abstractos, pero sumamente útiles y vertebradores como los de homología, homoplasia e innovación fenotípica” (p.138). Se comparte esta afirmación ya que, la construcción de los modelos y su análisis, desde el punto de vista de la biología evolutiva, facilito la enseñanza de la anatomía comparada vista como una evidencia más de la evolución de las especies.



**Figura 1.** Ejemplares luego de aplicar la osteotecnica. A. muestra de todos los ejemplares. B. Sapo. C. Tortuga. D. Chivo. E. Iguana.

Haciendo énfasis en la parte procedimental, se obtuvo como resultado que los modelos orgánicos poseen una disposición exacta de sus huesos. Esto según Correa (2005), favorece al posicionamiento topográfico de los estudiantes al permitirles no solo observar cada estructura ósea individual como un elemento aislado, sino que también se observa la estructura componiendo un esqueleto articulado (Cañete *et al.*, 2014).

Villarroel y Troncoso (2017), sugieren que al realizar este tipo de actividades se cambie el uso de sustancias peligrosamente tóxicas. En la presente investigación, se logró reducir al mínimo el uso de sustancias que por su naturaleza tóxica podrían ocasionar algún daño al ser manipulado por los adolescentes. Se evitó el uso de químicos normalmente utilizados en procesos similares tales como formalina, formol, acetato de potasio, cloroformo, parafina, silicato de flúor y

glicerina. Según World Health Organization (2010), dichas sustancias suelen tener efectos secundarios de irritación, toxicidad e incluso cáncer, atribuidos a dicho compuesto. Con respecto a aspectos de inversión investigadores como Rodríguez y Ramírez (2009) mencionan que la preservación de especímenes no debe ser muy costosa (económicamente). En concordancia con lo expuesto por los citados autores para el presente estudio se utilizaron técnicas accesibles y con bajo costo.

Por último, fue posible dotar a la institución educativa de modelos anatómicos naturales de larga duración y con una disposición exacta de los huesos. Los esqueletos de *Capra aegagrus hircus* y de *Columba livia* están articulados lo cual mejora la comprensión de las articulaciones móviles para los estudiantes. Al respecto Cortés y Gómez (2013), afirman que un “esqueleto articulado tiene un mejor aspecto desde el punto de vista estético” (p.11).

## **Conclusiones**

Una vez culminada la recolección y análisis de los datos se concluye que la planificación, ejecución y evaluación de esta estrategia didáctica permitió favorecer la formación académica de estudiantes de 4to año en los tópicos de evolución y anatomía comparada usando la osteotecnia de animales vertebrados para llegar a tal fin. De igual modo, la puesta en práctica de dicha estrategia a este nivel educativo es un hecho sin precedentes en la ciudad donde se aplicó la experiencia. Además, de facilitar la enseñanza de contenidos de un tópico sumamente abstracto partiendo de una experiencia diferente y analítica donde se cambió el esquema tradicional unidireccional de impartir clases.

Lo anteriormente expuesto, demostró ser un medio eficaz para crear motivación en los estudiantes para el trabajo en equipo, para incentivar la curiosidad, para debatir activamente en clases, para inducir la creación y verificación de hipótesis usando la investigación en diferentes fuentes bibliográficas.

De igual manera, los ejemplares disecados, como recursos didácticos, permitieron desarrollar la observación y la ubicación topográfica de los educandos facilitando una mejor comprensión por la facilidad para la manipulación y la apreciación detallada de las características anatómicas relacionadas a la homología y analogía evolutiva.

Finalmente, se logró dotar a la institución educativa de modelos anatómicos orgánicos de larga duración y con una disposición exacta de los huesos. Dichos modelos son duraderos a lo largo de los años y pueden ser utilizados una y otra vez en clases de evolución, zoología y anatomía.

### **Recomendaciones**

- Es imprescindible considerar las sugerencias de expertos para trabajar y armonizar los aspectos zoológicos, aplicación de esta técnica con la anatomía comparada y la biología evolutiva.
- La actualización de argumentación científica es importante. En la medida que cada docente pueda acceder a un medio digital a través de internet o personal, sean foros, congresos, artículos científicos y demás, es relevante para compartir este tipo de contenido mediante esta técnica.

## Referencias

- Angarita, J. (2011). Diseño de una estrategia pedagógica para la enseñanza de la biología de los organismos, a través de las quecas (*Scaptocoris sp.*, Cydnidae). (Tesis inédita de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Baranzelli, C., Córdoba, S., Cocucci, A., Glinos, E., Paiaro, V., Sazatonil, f., Sersic, A. y Wiemer, A. (2014). Dime cómo comes y te diré quién eres: Una experiencia didáctica para conocer los aparatos bucales de los insectos. *Revista de Educación en Biología*. 17 (2), 76-85.
- Baptista, P., Collado, C., y Sampieri, R. (2010). Metodología de la investigación. 5ta edición. México D. F. Mc Graw Hill interamericana.
- Cañete, G., Sánchez, J. y Nodan, L. (2014). Ensamblaje artesanal de un esqueleto canino mediante variantes de la osteotecnia. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 15 (9), 1-15.
- Correa, A. (2005). Conservación de piezas anatómicas en seco mediante el método de prives. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 6 (5), 1-8.
- Cortés, L. y Gómez, F. (2013). Alternativas en la enseñanza mediante la utilización y caracterización de modelos anatómicos veterinarios, aplicando técnicas de preservación. *Revista médica de Risaralda*, 19(2), 3-4.
- Curtis, H., Barnes, N., Schenek, A. y Massarini, A. (2008). *Biología*. Buenos Aires. Argentina: Panamericana.
- Del cid, A., Mendez, R., y Sandoval, F. (2007). Investigación, fundamentos y metodología. 1era edición. México.



- Díaz, F. y Hernández G. (1999) Docentes del siglo XXI. Editorial Mc Graw-Hill. Colombia.
- Fowler, S. y Meisels, G. (2010). Florida Teachers' Attitudes about Teaching Evolution. *The American Biology Teacher*, 72 (2), 96-99.
- Gallego, A. y Muñoz, A. (2015). Análisis de las hipótesis evolutivas en alumnos de Educación Secundaria y Bachillerato. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-54.
- Gloobe, H. (1990). *Anatomía Aplicada del Bovino*. San José, Costa Rica: Editorial ICA.
- González Galli, L. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural* (Tesis de Doctoral). Universidad de Buenos Aires. Facultad de ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, Argentina.
- González Galli, L. y Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciencia & Educação*, 21 (1), 101-122
- Jalil, A. (2008). El debate creacionismo-evolución en profesores de Biología y al interior de las clases de una escuela confesional. *Revista de Educación en Biología*, 12 (2) 61-63
- Keskin, B. y Köse, E. (2015). Understanding Adaptation and Natural Selection: Common Misconceptions. *International journal of educational research*, 1 (2), 53-63.
- León, E. (2016). Panorama del sujeto epistémico en clases de evolución biológica. XI Simposio de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Naturales.

Facultad de Humanidades y Educación, División de estudios para graduados.  
Universidad del Zulia. Venezuela.

León, E., Chandler, D. y Paredes, W. (2016). Enseñanza de la evolución humana desde un museo escolar. IX Jornadas de investigación de la facultad de humanidades y educación y II Congreso internación. Transformando al ser humano para el bienestar y la paz. Universidad Del Zulia. Venezuela.

Linares, M., Gisbert, J y Garzón, A. (2014). Propuestas didácticas para tratar el origen y evolución de los seres vivos usando recursos Tics y desde una visión constructivista del conocimiento. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación llevado a cabo en buenos aires argentina.

Loannidis, S. (2011). Regulatory evolution and theoretical arguments in Evolutionary Biology. *Science & Education*, 27.1-14.

Mavares, T. (2013). *Las creencias de los docentes y la enseñanza de la evolución en el nivel de educación media* (Tesis de maestría). Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Ojeda, G. y Escobar, C. (2000). Técnica costo-efectiva para conservación ósea y diseño de un museo de hueso temporal. *Acta de Otorrinolaringología y Cirugía de cabeza y cuello*.28 (4).

Ortega, L. (2014). *Recuperación y restauración de componentes anatómicos humanos. Extremidades superiores*. (Tesis maestría). Universidad nacional de Colombia. Colombia.

- Oliveira, G., Pagan, A. y Bizzo, N. (2012). Evolución biológica: Actitudes de estudiantes brasileños. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 5 (9), 51-66.
- Pérez, J. y García, A. (2009). Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas). 1. Pruebas anatómicas y taxonómicas de la evolución: homología, analogía, simetrías. *Reduca (Biología)*. Serie Zoología, 2(2), 1-19.
- Rivas, M. y González García, F. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? Un estudio en bachillerato y universidad. *Eureka*, 13 (2), 248-263.
- Rodríguez, D. y Ramírez, J. (2009). Técnica de conservación de huesos en peróxido de hidrogeno. *Medicina Legal de Costa Rica*, 26(2), 117-123.
- Rojas, J. (2013). Alternativas y perspectivas en técnicas morfológicas. *Revista médica de Risaralda*, 19(2), 4-5.
- Tamayo, M. (2010). Dificultades en la enseñanza de la evolución biológica. Evolución. *Revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva*, 5(2), 23-27.
- Urquiza, S., Carezzano, F., Dorflinger, K. y Alonso, M. (2012). Experiencias y reflexiones en la enseñanza de la homología y homoplastia en el colegio secundario. *Bio-grafía: Escritos sobre biología y su enseñanza*, 5(8), 136-145.
- Villarroel, M. y Troncoso, N. (2017). Combinación de osteotecnia más conservación de músculos en montaje único de *Canis lupus familiaris* Int. J. Morphol, 35(1), 351-356.

World Health Organization (WHO). WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. Geneva, World Health Organization, 2010.