

# PROTOTIPO ANATÓMICO PARA EL APRENDIZAJE DEL VII PAR CRANEAL QUE SIMULA UN IMPULSO NERVIOSO EN RELACIÓN CON LA BASE DEL CRÁNEO

## AN ANATOMICAL MODEL FOR LEARNING ABOUT CRANIAL NERVE VII THAT SIMULATES A NERVE IMPULSE IN RELATION TO THE SKULL BASE

Luis Felipe Muñoz<sup>1</sup>

Janneth Zúñiga<sup>2</sup>

Sonia Osorio<sup>3</sup>

4 5 7 · Universidad del Valle

### RESUMEN

Dentro del área de la anatomía humana, el estudio de los pares craneales y su relación con la base del cráneo se ha convertido en uno de los mayores retos para los estudiantes de la Facultad de Salud debido a su amplitud y complejidad. Los modelos anatómicos que se encuentran son generales y no permiten comprender las relaciones de las diferentes estructuras. El objetivo de este trabajo fue crear una herramienta pedagógica que permitiera

observar la ubicación y recorrido del VII par craneal junto con sus impulsos nerviosos.

Este trabajo se enmarca en la tesis doctoral titulada “Enseñanza, aprendizaje y evaluación de la Anatomía Macroscópica Humana” que cuenta con el aval del Comité institucional de Revisión de Ética Humana de la Universidad del Valle, con código 057-021, bajo la Comisión de estudios No. 096 del 04 de julio de 2019 de la Facultad de Salud. A partir de imágenes en diferentes planos anatómicos del cráneo humano se diseñó un armazón con la estructura característica del mismo. Para dar volumen y forma a cada estructura ósea se utilizó porcelanacrón, y los accidentes óseos de los huesos de la base del cráneo y forámenes fueron moldeados a mano. Finalmente, se construyó el VII par craneal, representando los impulsos nerviosos por medio de pulsos eléctricos con una secuencia led.

<sup>1</sup> [Luis.munoz.zuniga@correounivalle.edu.co](mailto:Luis.munoz.zuniga@correounivalle.edu.co) 3128191050. Estudiante de Medicina y Cirugía Universidad del Valle, Cali – Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5141-1617>

<sup>2</sup> [Janneth.zuniga@correounivalle.edu.co](mailto:Janneth.zuniga@correounivalle.edu.co) 3110677019. Profesora, Departamento de Morfología Universidad del Valle, Cali – Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9167-9906>

<sup>3</sup> [sonia.osorio@correounivalle.edu.co](mailto:sonia.osorio@correounivalle.edu.co) 3177366449. Profesora, Departamento de Morfología Universidad del Valle, Cali – Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9755-2738>

Se logró realizar un modelo 4D del cráneo que incluye el recorrido nervioso derecho del VII par craneal desde su origen hasta el lugar de inervación. Así mismo, se observa la simulación del estímulo nervioso de las diferentes fibras nerviosas.

El aprendizaje de los pares craneales desde la creación de un modelo anatómico proporciona conocimiento anatómico integrado, ya que facilita la ubicación y dimensión de estructuras difícilmente apreciables en piezas reales. Esta estrategia también brinda al estudiante una representación mental de las vías nerviosas y cómo estas se pueden ver afectadas en ciertas condiciones patológicas o traumáticas, lo que contribuirá de forma significativa a la futura práctica clínica.

## **PALABRAS CLAVE**

anatomía del cráneo, aprendizaje de Anatomía Humana, construcción de modelos anatómicos, enseñanza a través de modelos.

## **ABSTRACT**

Within the field of human anatomy, the study of the cranial nerves and their relationship with the base of the skull has become one of the greatest challenges for students of the Faculty of Health due to its breadth and complexity. The anatomical models that are found are too general and do not allow the understanding of the relationships of the different structures. The aim of this work was to create a pedagogical tool that would allow observing the location and course of the VII paired cranial nerve together with its nerve impulses.

This work is part of the doctoral thesis entitled "Teaching, Learning and Evaluation of Human Macroscopic Anatomy" that has the endorsement of the Institutional Human Ethics Review Committee of the Universidad del Valle,

with code 057-021, under the Study Commission No. 096 of July 04, 2019 of the Faculty of Health. From images in different anatomical planes of the human skull, a framework with the characteristic structure of the skull was designed. Cold porcelain clay was used to give volume and shape to each bone structure; the bony features of the bones of the skull base and foramina were molded by hand. Finally, the VII paired cranial nerve was constructed, representing the nervous impulses by means of electrical pulses with an LED sequence.

A 4D model of the skull was made including the right nerve pathway of the VII paired cranial nerve from its origin to the place of innervation. Likewise, the simulation of the nervous stimulus of the different nerve fibers can be observed in the model.

The learning of the paired cranial nerves from the creation of an anatomical model provides integrated anatomical knowledge, since it facilitates the location and dimension of structures that are difficult to appreciate in real pieces. This strategy also provides the student with a mental representation of the nerve pathways and how they can be affected in certain pathological or traumatic conditions, which will contribute significantly to future clinical practice.

## **KEYWORDS**

Anatomy of the skull, Learning of Human Anatomy, Construction of anatomical models, Teaching through models.

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente, es posible encontrar diferentes proyectos mundiales para la enseñanza-aprendizaje de la Anatomía Humana. "Visible Human Project", propuesto en el año de 1996, es un proyecto de la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos en el que se encuentran representaciones tridimensionales

anatómicas completas y detalladas de un cuerpo masculino y femenino. Este trabajo proporciona una biblioteca de dominio público de imágenes de cortes transversales del cuerpo humano obtenidas a través imágenes de tomografías axiales computarizadas y resonancias magnéticas que pueden ser utilizadas en las prácticas de laboratorio.

Posteriormente en el año 2002, se creó el “Chinese Visible Human”, que realizó reconstrucción 3D detallada de los órganos del cuerpo humano, logrando una mayor integración de las imágenes digitales de las estructuras y mejor identificación de piezas importantes como los vasos sanguíneos. Estas imágenes permitirían la creación de plataformas de medicina asistidas por computador (Zhang, Heng & Liu, 2006).

Así mismo, diferentes universidades han trabajado en la elaboración de simuladores para la enseñanza de la Anatomía Humana. Por ejemplo, la Universidad de Colorado se encuentra desarrollando un proyecto llamado “Center for Human Simulation”, con el objetivo de educar a los futuros profesionales de la salud en el área de la anatomía humana, especialmente en la ubicación de las tres dimensiones y su abstracción a imágenes por computadora. Este ejercicio requiere de la comprensión de imágenes radiológicas abstractas, esto se hace necesario debido a que los procedimientos clínicos, diagnósticos y terapéuticos son cada vez más complejos y tecnológicos (University of Colorado, 2020).

En la literatura se encuentran variedad de propuestas de prácticas de laboratorio para la enseñanza de la Anatomía Macroscópica Humana (AMH) que buscan facilitar la comprensión de los temas con mayor dificultad de aprendizaje, especialmente las regiones que cuentan con estructuras pequeñas, difíciles de visualizar y que no es posible modelizar

en imágenes bidimensionales. Un tema que causa dificultad tanto para su enseñanza como aprendizaje es el recorrido que realizan los pares craneales y su relación con la base del cráneo; esto se debe a que las descripciones que se encuentran en los textos exigen que el estudiante comprenda la compleja relación de las estructuras óseas, musculares y vasculonerviosas, así como la tridimensionalidad en esquemas tradicionalmente bidimensionales.

En este caso, es de interés el séptimo par craneal que es un nervio mixto y presenta cuatro componentes que, de acuerdo a Escobar y Pimienta (2016), son en primer lugar, la sensibilidad especial pues, recoge información gustativa (sabores) de los dos tercios anteriores de la lengua; en segundo lugar, la sensibilidad general, pues recoge información sensitiva (dolor temperatura, tacto) del meato acústico externo, integumento del proceso mastoideo y regiones cercanas al escalpo; en tercer lugar, el motor voluntario o somático, este inerva los músculos, estapedio, estilohioideo, digástrico (vientre posterior) y de la mímica (expresión facial); finalmente, el motor involuntario (parasimpático), que se encarga de las mucosas de la cavidad nasal y oral (paladar duro y blando), glándulas lacrimales, sublinguales, submandibulares. Este nervio emerge a nivel del surco bulbopontino y se dirige junto con otros pares craneales hacia la porción petrosa del temporal; ahí es donde ingresan en el conducto auditivo interno y estas fibras nerviosas presentan unos giros que definen algunas de sus porciones, las cuales están íntimamente relacionadas con los accidentes óseos de la base del cráneo.

Debido a las representaciones de los pares craneales en la literatura revisada son complejos y su reconocimiento e identificación en el recorrido de la base de cráneo en cadáveres es difícil, el presente trabajo tuvo como objetivo diseñar un prototipo anatómico para el

aprendizaje del VII par craneal y su relación con la base del cráneo.

## METODOLOGÍA Y MATERIALES

Este trabajo se enmarca en la tesis doctoral titulada: “Enseñanza, aprendizaje y evaluación de la Anatomía Macroscópica Humana” que cuenta con el aval del Comité institucional de Revisión de Ética Humana de la Universidad del Valle, con código 057-021, bajo la Comisión de estudios No. 096 del 04 de julio de 2019 de la Facultad de Salud.

El prototipo anatómico del VII nervio craneal fue realizado por un estudiante de segundo semestre del programa de Medicina y Cirugía de la Universidad del Valle, en el marco del curso de Preanatomía. La ejecución se apoyó en una serie de fases para la construcción de un modelo, similar a las propuestas por Justi y Gilbert (2002), las cuales fueron acopladas y modificadas según la necesidad.

**Identificación de una falencia:** en la malla curricular del programa de Medicina y Cirugía de la Universidad del Valle, las asignaturas de Anatomía Macroscópica y Neuroanatomía están ubicadas en los semestres iniciales, lo que se traduce en un gran reto para el estudiante pues es el aprendizaje de los pares craneales en la base del cráneo es muy amplio y complejo. Sumado a la falta de un modelo anatómico que brinde una ubicación estructural y funcional precisa que ni las herramientas tecnológicas, ni la disección la facilitan.

**1. Búsqueda de una posible solución:** esta etapa estuvo encaminada en generar una herramienta pedagógica que fortaleciera la comprensión y que permitiera al estudiante un aprendizaje a profundidad del VII par craneal y su recorrido en la base del cráneo, conocimiento vital para la comprensión de correlaciones anatomo-clínicas. Además, se buscó que se

convirtiera en una herramienta novedosa que invitara al estudiante a crear un pensamiento crítico y reflexivo sobre las formas de enseñanza y aprendizaje con las que hoy se cuentan.

**2. Definición de un objetivo:** se planteó desarrollar un prototipo anatómico para el aprendizaje del VII par craneal y su relación con la base del cráneo. Esta herramienta pedagógica permitiría observar la ubicación y recorrido del séptimo par craneal junto con sus impulsos nerviosos.

**3. Búsqueda de la información en la literatura y en las plataformas virtuales:** se realizó una lectura y exploración minuciosa a profundidad con el fin de obtener diferentes referencias e imágenes anatómicas de la relación del cráneo y el VII par craneal. Se revisaron específicamente los siguiente libros:

- A. Sistema nervioso. Neuroanatomía funcional y clínica de Martha Escobar, Hernán Pimienta, 2016.
- B. Anatomía Humana de Latarjet y Ruiz, 2019.
- C. Anatomía humana funcional y clínica de Delgado, 2018.
- D. Anatomía Clínica de Pró, 2014.
- E. Anatomía con orientación clínica de Moore, 8a edición, 2017.
- F. Plataformas de modelos interactivos virtuales de anatomía humana, Visible Body

De esta literatura, en la Tabla 1 se presentan las principales diferencias encontradas entre los textos de Moore, Latarjet y Ruiz, y Delgado.

Tabla 1

Diferencias en los temas del Cráneo y VII Par Craneal encontradas en los textos

		CRÁNEO	
		MOORE	DELGADO
		LATARJET Y RUIZ	Anatomía Humana funcional y clínica
		Anatomía Humana, 4ª edición	
		Anatomía con orientación clínica, 8ª edición	
<b>CONSTITUCIÓN DEL CRÁNEO</b>	Formado por <b>23 huesos</b> : divididos en 2 partes: Neurocráneo (8 huesos), Viscerocráneo (Esqueleto facial 15 huesos).	Constituido por 22 huesos agrupados en 2 partes: Neurocráneo (cráneo), Viscerocráneo o esqueleto facial (cara; 13 huesos).	Conformado por 21 huesos: Huesos del cráneo y huesos de la cara.
<b>LÍMITES DE LA BASE DE CRÁNEO CARA INTERNA</b>	<b>FOSA ANTERIOR</b> : Límite posterior: alas menores del h. esfenoides <b>FOSA MEDIA</b> : tiene forma de mariposa. Límite Anterior: posterior a la fosa craneal anterior (alas menores del h. esfenoides). <b>FOSA POSTERIOR</b> : Límite parte media: clivus, foramen magno y cresta occipital interna.	<b>FOSA ANTERIOR</b> Límite posterior: surco prequiasmático (limbo esfenoidal) y alas menores del esfenoides. <b>FOSA MEDIA</b> Límite Anterior: procesos clinoides anteriores, canal quiasmático y alas menores del esfenoides. <b>FOSA POSTERIOR</b> : Línea mediana: clivus y cresta occipital interna.	<b>FOSA ANTERIOR</b> : Límite posterior: borde posterior del h. esfenoides. <b>FOSA MEDIA</b> Límite Anterior: surco del quiasma. <b>FOSA POSTERIOR</b> : Parte central: cuerpo del esfenoides y lateralmente por el ángulo mastoideo del parietal.
<b>FORÁMENES CARA INTERNA DE LA BASE DEL CRÁNEO</b>	<b>DESCRIPCIÓN AGRUPADA EN CADA UNA DE LAS 3 FOSAS (ANTERIOR, MEDIA Y POSTERIOR)</b> <b>FOSA MEDIA</b> : Conducto óptico.	<b>DESCRITOS SIN AGRUPAR</b> Conducto pterigoideo, Acueducto vestibular, Conducto musculotubárico, Fisura Petroitimpánica.	<b>DESCRIPCIÓN AGRUPADA EN CADA UNA DE LAS 3 FOSAS (ANTERIOR, MEDIA Y POSTERIOR)</b> <b>FOSA ANTERIOR</b> : canal óptico. <b>FOSA MEDIA</b> : Canal carotídeo, Impresión del trigémino, Eminencia arcuata.

**SE DESCRIBEN EN TRES ZONAS DIVIDIDAS MEDIANTE DOS LÍNEAS TRANSVERSALES** (línea bicigomática y línea bimaistoidea)

La porción inferior del cráneo presenta:

- Arco alveolar de los maxilares.
- H. palatinos.
- H. esfenoides (cuerpo, alas mayores, menores y procesos pterigoides).

**CARA EXTERNA  
BASE DEL CRÁNEO**

- Paladar duro (procesos palatinos anteriores).
- \*superior al borde posterior del paladar se hallan las coanas.

- H. temporal, porción escamosa, presenta unas depresiones denominadas fosas mandibulares.

- H. occipital, forma la base del cráneo posteriormente.

- Vómer.

**ZONA ANTERIOR:**

h. etmoides y h. esfenoides.

**ZONA MEDIA**

- Línea mediana: porción basilar del occipital con el tubérculo faríngeo. A ambos lados; tubérculos articulares y apófisis mastoideas.

- Porción escamosa del temporal.

- Ala mayor del esfenoides.

- Parte anterior del occipital.

- Cara inferior de la porción petrosa del temporal.

**ZONA POSTERIOR:** foramen magno.

**DESCRIPCIÓN AGRUPADA EN 2 ZONA:**

**ZONA MEDIA**

- Conducto auditivo externo.
- Fosa mandibular.
- Tubérculo articular del temporal.
- Fisura Petro timpánica.
- Conducto timpánico.
- Conducto coclear.
- Conducto musculotubárico.

Foramen posterior del conducto pterigideo **ZONA**

**POSTERIOR:** Apófisis e Incisura mastoidea.

**DESCRITOS SIN AGRUPAR**

- El surco para la porción cartilaginosa de la tuba auditiva (trompa auditiva) (faringotimpánica) situada medialmente a la espina del esfenoides.
- Foramen estilomastoideo, está situado posteriormente a la base del proceso estiloides.

**FORÁMENES DE LA  
CARA EXTERNA DE  
LA BASE DEL  
CRÁNEO**

**DESCRITOS SIN AGRUPAR**

\* fosa condílea.

VII PAR CRANEAL		DELGADO
MOORE	LATARJET	
Anatomía con orientación clínica, 8a edición	Anatomía Humana, 4ª edición	Anatomía Humana funcional y clínica
<p>SENSITIVO ESPECIAL (gusto). SENSITIVO SOMÁTICO (general). MOTOR SOMÁTICO (branquia). MOTOR VISCERAL (parasimpático).</p> <p><b>FUNCIONES</b></p> <p>Núcleo motor: braquio motor (en la porción ventrolateral del puente). Cuerpos celulares neuronales sensitivas primarias: (en el ganglio geniculado). Prolongaciones centrales neuronales del gusto: finalizan en los núcleos del tracto solitario en la médula oblongada. Prolongaciones neuronales de sensaciones generales: proceden de la vecindad del oído externo, terminan en el núcleo espinal del nervio trigémino.</p> <p>emerge de la unión entre el puente y la médula oblongada, divisiones:</p> <p><b>Raíz primaria</b> (más grande)</p> <p>Inerva los músculos de la expresión facial.</p> <p><b>Nervio intermedio</b></p> <p><b>ORIGEN APARENTE</b></p>	<p>Nervio mixto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MOTOR</li> <li>- SENSITIVO</li> <li>- SENSORIAL</li> <li>- PARASIMPÁTICO</li> </ul> <p>• <b>Núcleo motor:</b> situado en el dorso de la protuberancia y se divide en dos centros, superior e inferior. • <b>Núcleo sensitivo sensorial:</b> situado en el extremo superior del núcleo solitario, recibe fibras provenientes del ganglio geniculado. • <b>Núcleo parasimpático:</b> dos núcleos envían fibras motoras autonómicas parasimpáticas: o Núcleo salivar superior: o Núcleo lagrimal:</p> <p>Las dos raíces emergen del surco bulbo-protuberancial, entre la oliva y el pedúnculo cerebeloso inferior. Lateral al N. abducen delante del N. vestibulococlear</p> <p><b>Raíz medial o nervio facial,</b> nervio motor de los músculos cutáneos de la cara. <b>Raíz lateral o nervio intermedio</b> (de wisberg), sensitivas, sensoriales y participan en las vias gustativas. Contiene también fibras parasimpáticas (submandibular y sublingual).</p> <p><b>Raíz motora</b> (voluminosa) • <b>Raíz mixta</b> (nervio intermedio)</p>	<p>Motor voluntario Motor involuntario, visceral Sensitivo general Sensitivo especial</p> <p>Su origen parcialmente se presenta en el ganglio geniculado (fibras sensoriales).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Prolongaciones periféricas alcanzan receptores gustativos a través de cuerda del tímpano.</li> <li>o Conduce Fibras autónomas parasimpáticas para las glándulas lacrimales submandibulares y sublinguales.</li> </ul> <p>Tiene dos raíces:</p> <p>• <b>Raíz motora</b> (voluminosa) • <b>Raíz mixta</b> (nervio intermedio)</p>

(más pequeño) Transporta fibras gustativas, parasimpáticas y sensitivas somáticas.

Atraviesa la fosa craneal posterior, el conducto auditivo interno, el conducto facial, el foramen estilomastoideo y la glándula parótida.

Se presentan dos giros dentro del hueso temporal, posterior al atravesar el conducto auditivo.

La curva bien marcada es la rodilla del nervio facial, localizada en el ganglio geniculado.

Nervio petroso mayor.

Nervio estapedio.

Nervio cuerda del tímpano.

El nervio facial emerge del cráneo por el foramen estilomastoideo y da origen a:

El nervio auricular posterior.

5 ramos motores terminales.

o Ramo temporal.

o Ramo Cigomático.

o Ramo bucal.

o Ramo marginal de la mandíbula.

o Ramo cervical.

- **Motor somático** (braquial): inerva

o Músculos de la expresión facial y auricular.

o Vientre posterior del músculo digástrico.

o Músculo estiliode y estapedio.

- **Motor visceral** (parasimpático): inerva fibras parasimpáticas presinápticas al:

o ganglio pterigopalatino (glándulas lacrimales).

o ganglio submandibular (glándulas salivales, sublinguales

**El nervio facial e intermedio**, en la fosa posterior del cráneo, se dirigen oblicuos hacia arriba y lateral, penetran el conducto auditivo interno, llegan al fondo del conducto facial y recorren toda su extensión.

● **Primer segmento:** es horizontal, desde el fondo del conducto auditivo interno hasta la rodilla del nervio facial, frente al hiato del conducto para el nervio petroso mayor, donde se encuentra el ganglio geniculado.

● **Segundo segmento:** comprendido entre las dos curvas del conducto facial.

● **Tercer segmento:** desde la segunda curva, el nervio se vuelve bruscamente vertical y emerge desde la parte petrosa del h. temporal por el foramen estilomastoideo.

#### Trayecto extra petroso

● Segmento supra glandular: detrás de la celda parotídea.

● Segmento intraparotídeo.

#### RAMOS COLATERALES

#### INTRAPETROSOS

● N. petroso mayor.

● Ramo comunicante con el plexo timpánico.

● N. estapedio.

● N. cuerda del tímpano.

● Ramo sensitivo del conducto auditivo externo.

#### EXTRA PETROSOS

Cuando este nervio llega al meato acústico interno recorre el canal del facial de la parte petrosa del h. temporal, se dirige oblicuo anterolateralmente entre la cóclea y el vestíbulo del oído interno, se acoda por la pared laberíntica del tímpano, luego desciende casi verticalmente para salir por el foramen estilomastoideo.

● A nivel del primer codo se encuentra el ganglio geniculado.

#### ● Ramos terminales

o Ramos temporales: inervan los M. periorbitarios y de la aurícula.

o Ramos cigomáticos: inervan los M. conectados con la nariz y el labio superior.

o Ramos bucales: inervan los M. que convergen hacia el ángulo oral.

o Ramos marginales de la mandíbula: inerva los M. del labio inferior y mentón.

o Ramos del cuello: inervan el M. platisma y del ángulo oral.

● En su trayecto intrapetroso el nervio petroso mayor nace del ganglio geniculado, atraviesa la parte lateral del foramen lacerado donde recibe el nombre de nervio petroso profundo.

● El nervio intermedio emite el N. cuerda del tímpano:
 

- o El nervio facial en su emergencia del cráneo



- y submandibulares).
- **Sensitivo somático** (general): algunas fibras procedentes del ganglio geniculado inervan una pequeña área de la piel de la concha del pabellón auricular.
  - **Sensitiva especial** (gusto): las fibras transportadas por el N. cuerda del tímpano, se unen al nervio lingual, para conducir las sensaciones gustativas desde los 2/3 anteriores de la lengua y el paladar blando.
- N. auricular posterior.
  - Ramo digástrico.
  - Ramo lingual.
  - Ramos terminales.
    - Ramo bucal superior.
    - Ramo temporal.
    - Ramo cigomático.
    - Ramo bucal inferior.
    - Ramo marginal de la mandíbula
    - Ramo cervical.
- RAMOS COMUNICANTES**, con
- N. vago.
  - N. glossofaríngeo.
  - N. vestibulococlear.
  - N. cervical.
  - N. trigémino.
- está solamente constituida por las fibras motoras voluntarias y un pequeño componente sensitivo que inerva la aurícula.
- Por debajo del cráneo, el facial emite el nervio auricular posterior, inmediatamente por debajo de foramen estilomastoideo, este inerva:
    - El músculo auricular posterior.
    - El vientre occipital del músculo occipito frontal.
  - El ramo digástrico nace por debajo del auricular posterior, inerva vientre posterior del m. Digástrico. También emite un ramo estilo hioideo.
  - El ramo lingual (inconstante) se desprende cerca del origen anterior.

**4. Propuesta de creación:** se centró en el diseño de la idea del prototipo anatómico con las partes que lo conformarían, la disposición de estas y el ensamblaje a partir de la información consultada.

**5. Búsqueda y selección de materiales:** se realizó la evaluación de los posibles materiales con los que se podría realizar (ver Figura 1) entre ellos:

**A.** Para la base de Cráneo, papel periódico y kraft, pegamento blanco de madera, alambre de cobre, porcelanitrón, plastilina, pinturas acrílicas y laca.

**B.** Para la secuencia led, protoboard, cable, condensadores, resistencia, pulsadores, integradores, bombillos led, fuente eléctrica.

**C.** Para la base del modelo, tabla y tubo metálico.

**Figura 1**

*Materiales para la base del cráneo y la secuencia led*

*Nota.* Cada una de las imágenes corresponden a los materiales usados para A) la base del cráneo, B) la secuencia led y C) la base del modelo.

Figura 1.A

Figura 1.B

Figura 1.C



B) la secuencia led y C) la base del modelo.

**6. Construcción del prototipo:** para esta fase, inicialmente se tomaron medidas de las imágenes del cráneo, de la literatura antes mencionada, así:

**A.** En vistas laterales, anterior y posterior (huesos de la cabeza).

**B.** En un plano transversal la mitad inferior, desde una vista superior (base de cráneo cara interna)

**C.** En un plano sagital la mitad derecha, desde una vista medial.

**D.** En un plano coronal, tanto la mitad anterior vista posterior; y la mitad posterior

desde una vista anterior.

**E.** En una vista inferior (base de cráneo cara externa)

A partir de medidas antropométricas promedio se realizó una armazón con alambre de cobre en forma de óvalo para simular la base del cráneo. Con papel periódico, kraft y pegamento blanco se hizo una capa sobre el armazón, simulando una lámina (ver Figura 2), sólo en la parte posterior y media.

**Figura 2**

Pasos iniciales de la construcción del prototipo.

Figura 2.A



Figura 2.B



*Nota.* La figura 2.A corresponde al armazón del cráneo; mientras que la figura 2.B muestra la estructura en porcelanacrón.

4 6 7

La primera parte de la lámina se convertiría en la fosa posterior del cráneo. Cuando esta estuvo seca, se empezó a dar volumen con el porcelanacrón, desde la parte medial donde es tallado el clivus, la protuberancia occipital interna, los tubérculos yugulares, el foramen magno, el canal del nervio hipogloso, el foramen yugular, y la cresta occipital externa, hacia la parte lateral, con los bordes lamboideos del hueso occipital, los bordes superiores de la porción petrosa del hueso temporal y fosa parietal. Así fue dejado en reposo y secado por 24 horas.

Al día siguiente se continuó dando volumen en la segunda parte de la lámina, futura fosa medial donde fueron tallados los huesos esfenoides, temporales y la parte inferior del hueso parietal. Esto es hecho en la misma dirección, desde la parte media, es decir, la silla turca, demarcada por las cuatro apófisis clinoides, borde posterior de las alas menores y cuerpo del esfenoides (porción posterior), conductos ópticos, fisuras orbitarias superiores, agujeros redondos, forámenes rasgados, fositas trigeminales, forámenes ovales, agujeros espinosos y

conductos auditivos internos. Fue dejado en reposo y secado por 24 horas.

Se continuó tallando la base de cráneo en su cara externa, las porciones posteriores y medias. Con la misma técnica se le dio forma a los accidentes anatómicos óseos de esta zona: la protuberancia occipital externa, líneas nucales, cóndilos occipitales, fosas yugulares, apófisis mastoideas, conductos auditivos externos, apófisis estiloides, apófisis pterigoides, borde posterior de las alas mayores del hueso esfenoides, fosas mandibulares.

Con un palillo de madera se perforó la lámina de papel realizada sobre la armazón de alambre desde la cara intracraneal hacia la extracraneal, con el fin de realizar las comunicaciones respectivas de la cara interna y externa del cráneo; de posterior a anterior se perforó el foramen magno, forámenes yugulares, canales del nervio hipogloso, forámenes estilo mastoideos, conductos carotideos, agujeros espinosos, forámenes rasgados, forámenes ovales, forámenes redondos.

Desde una vista lateral en la porción escamosa del hueso temporal, se realizaron los detalles de la porción mastoidea y conducto auditivo externo. También se introdujo un alambre desde el tercio inferior del hueso temporal para modelar su apófisis cigomática.

El mismo día se procedió a realizar la fosa anterior del cráneo y huesos de la cara; este se realiza de forma independiente de la estructura que se venía tallando. Se inició desde la porción posterior, es decir, desde el hueso esfenoides, específicamente los bordes anteriores de las alas menores y cuerpo (porción anterior). También fue tallada la lámina cribosa del etmoides con sus agujeros, la crista galli y el agujero ciego. Desde una vista anterior y lateral se les dio forma a los cornetes nasales, lámina perpendicular, y concha nasal inferior; el hueso vómer y la lámina ósea del hueso lagrimal. Igualmente se moldeó el hueso maxilar el que se empieza a tallar desde la cara anterior desde la porción inferior, es decir desde el proceso palatino, bordes alveolares (se coloca un alambre en forma de "U" que ayuda a darle la forma arqueada a la maxila), escotadura nasal, espina nasal anterior, procesos frontales y el suelo de las órbitas; además se perforan los foramen infraorbitarios. En la cara lateral de ambas maxilas, aproximadamente en el tercio medio se introdujo un alambre que se convertirían en las apófisis cigomáticas. Todas las partes se dejaron secar por 48 horas.

Después del proceso de secado fueron ensambladas las dos partes, la fosa posterior y media del cráneo con lo tallado de la fosa anterior y huesos de la cara. Estas fueron unidas mediante los alambres dejados a cada lado de las porciones escamosas de los huesos temporales y maxilar, los cuales se ensamblan, torciendo los alambres formando un cordón que es cubierto dándole volumen con el porcelanicrón para formar el arco cigomático. Además, con este mismo material se rellenaron todos los espacios entre las dos partes que han

quedado producto del modelado independiente, especialmente en la cara externa de la base del cráneo, todo se deja secar por 72 horas (ver Figura 2).

Posterior a esto, se procedió a tallar sobre la estructura el hueso frontal la parte anterior, es decir, la gabela, bordes supraorbitarios, escotadura supraorbitaria, y posterior, la porción escamosa y algunos detalles adicionales de la porción orbitaria, y se dejó secar. Finalmente, la mandíbula se realizó a partir de una armazón, similar a la empleada en el cráneo, el alambre fue dispuesto de forma cóncava hacia atrás (cuerpo) y sus puntas verticalmente hacia arriba (ramas), luego se le dio volumen. Desde una vista anterior y lateral, en la cara externa fueron talladas la sínfisis mandibular, las porciones alveolares, los forámenes mentonianos, los ángulos de la mandíbula, las dos ramas mandibulares, los cuellos de la mandíbula, las apófisis condilares, las escotaduras mandibulares y las apófisis coronoides; se dejó secar por 24 horas. Transcurrido este tiempo fueron precisados detalles de la cara posterior como el foramen mandibular, el surco milohioideo, las fositas submandibulares, las fosas digástricas y las espinas mentonianas. Cuando esta secó, se articuló por medio de un alambre que sobresalía de la escotadura mandibular y permitió formar la articulación temporomandibular. Todos los

accidentes óseos fueron modelados con las manos, tratando de reproducir el mayor número de detalles, esto gracias a la comparación con las imágenes de los textos antes mencionados y los modelos virtuales.

**Figura 3**

Proceso de construcción del prototipo del cráneo en sus fases finales.

Figura 3.A



Figura 3.B



Luego de varios días de secado, algunas piezas fueron pulidas con un Motor Tool y diferentes lijas (No. 300 y 400), se retocaron lugares donde había grietas producto del secado y el ensamblaje. Posteriormente, se le dio color

con pinturas acrílicas (café, blanco, amarillo, naranja, negro) y brillo (laca) pues se buscaba mostrar un cráneo en estado de conservación (ver Figura 3).

4 6 9

**Figura 4**

Estructura del prototipo del cráneo y del VII nervio craneal

Figura 4.A



Figura 4.B



La porción petrosa del hueso temporal, fosa orbitaria y la articulación temporomandibular derecha fue removida para poder señalar con detalle el recorrido del VII par craneal sobre la base del cráneo (Figura 4.A). De tal forma, que sobre la porción petrosa del hueso temporal son marcados y definidos. La primera porción: que inicia en el conducto auditivo interno y finaliza en la rodilla de este conducto; segunda porción que se extiende en dirección posterolateral hasta el codo de este conducto, donde se hace vertical; tercera porción que finaliza en el foramen estilomastoideo.

Para simular el recorrido del VII nervio craneal, nervio facial, se realizó una secuenciación led sobre una protoboard que trata de ilustrar un impulso nervioso, tanto de las vías eferentes como aferentes (ver Figura 4.B). Las conexiones eléctricas se colocan sobre el modelo del cráneo antes descrito. Finalmente, todo se colocó sobre una base de madera y un tubo metálico (Figura 1.C). Se ajustaron detalles de conexiones y se comprobó la funcionalidad del modelo. En la Tabla 1 se muestra la secuencia desarrollada para la construcción del prototipo.

## RESULTADOS

Se logró construir un modelo 4D del cráneo que incluye el recorrido nervioso derecho del VII nervio craneal desde su origen aparente hasta el lugar de inervación (motor voluntario e involuntario) y desde sus receptores sensitivos (sensibilidad especial o general) hasta el relevo de información. De tal modo que se observa la simulación del estímulo nervioso de las diferentes fibras nerviosas (Figura 4.B).

Para lograr comprender la relación del nervio con la base de cráneo, como se muestra en la Figura 5, se pueden observar las tres porciones intrapetrosas (Patiño-Moncayo, 2016). En la primera porción se ubica el conducto facial (Falopio) que presenta una porción laberíntica que finaliza a nivel de la rodilla del mismo conducto, en la cual se localizó el ganglio geniculado y por donde pasa hacia adelante el nervio petroso mayor. En la segunda porción (porción timpánica del conducto facial) se extiende en dirección posterior y lateral, hasta el codo del conducto facial, donde este último se hace vertical. La tercera porción o porción mastoidea recorre este conducto, emite unas ramas colaterales y sale del cráneo por el foramen estilomastoideo.

**Figura 5**

*Vista lateral del prototipo del cráneo y las porciones intrapetrosas*



La porción que sale por el foramen estilomastoideo origina los ramos terminales o ramos extrapetrosos, que luego de atravesar la glándula parótida forma el tronco del nervio facial, el que se bifurca; la primera porción (superior) dará tres ramos, temporales, cigomáticos y bucales; la segunda porción (inferior) los ramos mandibulares y cervicales. Además, se puede observar el impulso que sigue los caminos dispuestos entre los accidentes óseos de la base del cráneo, en sus diferentes vías tanto en la porción intracraneana como extracraneana (Figura 4.B).

## DISCUSIÓN

Se han utilizado impresiones 3D de diferentes regiones anatómicas, distinguiendo cada una de sus partes por medio de colores de tal manera que faciliten la discrepancia y entendimiento de la relación con las estructuras que lo conforman. Chen y et al. (2017) evaluaron la eficiencia del aprendizaje de la anatomía de cráneo en estudiantes del programa de Medicina de tercer año, utilizando tres tipos de modelos anatómicos: el primer grupo realizó las prácticas con cráneos secos reales, el segundo con cráneos impresos en 3D y el tercero con imágenes bidimensionales de los atlas. Los investigadores concluyeron que los cráneos impresos en 3D facilitaron el aprendizaje, lo que permite mayor reconocimiento de las estructuras observadas.

Si bien se encuentran propuestas de enseñanza-aprendizaje que utilizan la elaboración de maquetas para lograr la alfabetización visual y la ubicación espacial, evaluado por medio de la elaboración de dibujos de cortes transversales de regiones corporales, estos cortes son los de mayor dificultad de comprensión (García & Mateos, 2018). Por su parte, la Universidad California facilita el aprendizaje, por medio del uso de metáforas, analogías y expresiones faciales, con el objetivo de ofrecer nuevas formas de pensamiento, enfocar las actividades en funciones comunes del ser humano y mejorar

la comprensión de las relaciones anatómicas y fisiológicas, los autores encuentran que este método proporciona una forma agradable de entender las interacciones entre los órganos y los sistemas (Williamson & Lee, 2018).

Uno de los temas más difíciles de enseñar de la Anatomía Humana para el programa académico de Medicina y Cirugía es el de cráneo, puesto que para aprenderlo es necesario memorizar nombres similares y complejos de diferentes estructuras. El cráneo es el esqueleto de la cabeza, encargado de proteger al encéfalo, sus anexos y los órganos de los sentidos; se relaciona con el sistema respiratorio y digestivo, lo que hace que interactúe con múltiples estructuras vasculares, nerviosas y musculares. Entre los huesos que lo componen se encuentran ocho que pertenecen al neurocráneo (cráneo) y 14 al viscerocráneo (cara), cada uno de ellos compuesto por una variedad de estructuras y detalles específicos que pueden confundir al estudiante. Por ejemplo, el hueso esfenoides cuenta con aproximadamente 30 referencias que lo caracterizan, y así cada uno de los diferentes huesos; esta especificidad ha hecho que la tarea de enseñar y aprender su anatomía sea demasiado monótona, generando desinterés y frustración en la mayoría de estudiantes cuando no se ha trabajado de manera participativa (Carvalho et al., 2013)

La enseñanza del tema de cráneo tradicionalmente se compone de una clase magistral, apoyada de imágenes bidimensionales esquemáticas o reales, seguido de una práctica con cráneos humanos secos para identificar cada una de las estructuras que lo componen. Sin embargo, en los cráneos es común encontrar variaciones anatómicas que no corresponden a la descripción de la literatura, así como alteraciones en la estructura por su uso y manipulación dificultan la comprensión de los detalles específicos. También es importante comprender que a pesar de visualizar una estructura en conjunto como

lo es el cráneo, este está compuesto por piezas óseas diferentes, articuladas y relacionadas de forma compleja, lo que exige que el estudiante comprenda previamente la tridimensionalidad y pueda imaginar las estructuras aisladas en los diferentes planos y cortes de sección.

Algunos modelos anatómicos que son empleados en la enseñanza de la anatomía suponen ciertas consideraciones; según el estudio realizado a los estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad de la Frontera, en Temuco, Chile, se constató al preguntar sobre la noción que cada uno tenía sobre la anatomía en cadáveres frente a la anatomía en modelos anatómicos, cuya respuesta a esta última fue que “a pesar de ser un elemento que sirve para estudiar y que proporciona aprendizaje, es un material didáctico fácil, irreal, artificial, falso, invariable” (Collipal y Silva, 2011, p. 1184). Esto pone al descubierto la percepción de muchos estudiantes cuando se enfrentan a un modelo anatómico y no un espécimen en un anfiteatro; una de las posibles causas de descontento encontrado podría obedecer a las limitaciones en los modelos, pues algunos son generales, obsoletos, tienden a ser muy básicos y superficiales, lo que no llama la atención ni genera curiosidad en el estudiante.

En este sentido, se ha reportado que el rendimiento académico de los estudiantes cuando son evaluados con material cadavérico en comparación con modelos anatómicos es menor debido a la complejidad de las estructuras anatómicas reales. Los modelos más esquemáticos permiten reconocer más fácilmente las estructuras; sin embargo, también pueden influir en la construcción de un conocimiento erróneo (Carvalho et al., 2013), situación en la que podría afectar a futuro el desempeño profesional del Médico, donde el conocimiento de la Anatomía Humana es fundamental para hacer procedimientos menos invasivos, que respeten las estructuras nobles y de esta manera disminuir el riesgo de iatrogenias.

Los profesionales de la Salud, especialmente los cirujanos, tienen una responsabilidad ética muy grande, donde cualquier error podría disminuir la calidad de vida de su paciente o incluso causar la muerte.

No obstante, los modelos anatómicos 4D se convierten en una herramienta vital para la observación de estructuras difícilmente observadas en un cadáver, lo que refuerza el proceso de enseñanza y aprendizaje de la anatomía (Kerby et al., 2011; Motoike et al., 2009; Oh et al., 2009). De tal modo que estos modelos acercan al estudiante a una identificación y localización tridimensional que es fundamental en el estudio anatómico, pues no basta con la observación de imágenes bidimensionales de atlas, plataformas virtuales o simuladores.

En ese mismo sentido, Waters et al., (2005) en Pennsylvania State University (PSU) demostraron que realizar un modelo en arcilla de diferentes sistemas del cuerpo humano es una alternativa al uso de la disección animal, sus resultados revelaron que los estudiantes que participaron en el modelado reconocieron con mayor facilidad las estructuras evaluadas posteriormente, obteniendo notas superiores que aquellos que realizaron la disección animal. Igualmente, Estévez et al. (2010), en la Universidad de Boston, evaluaron la efectividad de la construcción de un modelo anatómico físico del cerebro codificado por colores para la enseñanza de neuroanatomía, y a partir de los resultados indicaron que la actividad de modelado físico 3D se convierte en un método eficaz para la enseñanza y aprendizaje de las relaciones espaciales en neuroanatomía dado que los estudiantes que realizaron el modelo resolvieron mejor las preguntas que buscaban una comprensión tridimensional de estructuras periventriculares. Resultados que son similares a los descritos por Oh et al. (2009) quienes a partir de modelos anatómicos 3D realizados con arcilla, explicaron estructuras anatómicas y



contribuyeron a que los estudiantes interpretaran imágenes diagnósticas como la tomografía computarizada. Resultados que evidencian que el desarrollo de un modelo físico anatómico puede convertirse en una herramienta valiosa en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la AMH.

En la presente investigación, el prototipo diseñado posibilita el proceso de enseñanza aprendizaje del VII par craneal en la base de cráneo puesto que permite al estudiante expresar físicamente representaciones mentales. Dichas representaciones han sido construidas a partir de la agrupación de conceptos teóricos, fruto de la lectura y análisis crítico de textos e imágenes de los libros con los que se cuenta. Este proceso además ha permitido encontrar algunas ambigüedades en la literatura que permiten hacer ejercicios comparativos, analíticos y reflexivos que amplían y ponen en manifiesto la necesidad de proponer soluciones que respondan a estas diferencias conceptuales.

Todo esto permite al estudiante y maestro reconstruir, mejorar y crear nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje que revelen esos vacíos metodológicos que mejoran indiscutiblemente la forma como se ha concebido el paradigma de estos procesos en el ámbito de la anatomía. Además, este ejercicio permite que los estudiantes desarrollen esas características propias que se requiere que tenga todo profesional de la Salud: pensamiento crítico, capacidad de análisis, creatividad, innovación e investigación.

Así, la construcción de un modelo a partir de la necesidad de cada estudiante, curso o maestro se configura como una de esas estrategias innovadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje de temas complejos como es el recorrido que realizan los pares craneales y la relación con la base del cráneo, dado su tamaño y relación estrecha con diferentes estructuras anatómicas. Todo esto sumado a la falta de

modelos de este tipo y la dificultad de apreciación de algunas piezas anatómicas en los cuerpos que se encuentran en los anfiteatros, ya sea por procesos de disección y manipulación de los estudiantes; esto conduce a la sección de tales estructuras cuya observación y ubicación es fundamental para comprender ciertos fenómenos clínicos que desencadenan algunas patologías, o que en caso de procedimientos quirúrgicos conocer su localización evita una mala praxis por impericia (García-Solís, 2018).

## CONCLUSIÓN

El aprendizaje de los pares craneales desde la creación del modelo anatómico proporciona un conocimiento anatómico integrado, en la medida que facilita la ubicación y dimensión de estructuras difícilmente apreciables en piezas reales. También brinda al estudiante una representación mental de las vías nerviosas y cómo estas se pueden ver afectadas en ciertas condiciones patológicas o traumáticas, lo que contribuirá de forma significativa a la futura práctica clínica. Por otra parte, se afianzó la idea que conocer y entender que el aprendizaje anatómico no corresponde a un solo proceso, por lo que abre la posibilidad a nuevas perspectivas. No obstante, se debe reconocer que en la Ciencia no todo es estático y en la Anatomía todo no está dicho; por lo tanto, no existe un método mejor que otros para aprender, pues cada estudiante desarrolla estos procesos de aprendizaje a partir de su propia experiencia, lo que significa que apelar a una sola estrategia pedagógica iría en contra del aprendizaje mismo. Así pues, los modelos, los software y otras herramientas deben de complementar ese aprendizaje integral vital en el estudiante de anatomía o de las ciencias básicas. Cada estudiante debería poder tomar el método que le facilite el aprendizaje según su necesidad, pues en muchos casos este será el primer acercamiento a sus propias preguntas y a su propio cuerpo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvalho, K., Santana, O., & Arruda, S. (2013). Quality and Language of Learning Objects Used in the Teaching of Human Anatomy. *International Journal Morphology*, 455-460.
- Collipal, E. y Silva, H. (2011). Estudio de la Anatomía en cadáver y modelos anatómicos. Impresión de los estudiantes. *Int. J. Morphol*, 29(4), 1181–1185. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v29n4/art18.pdf>
- Escobar, M.I. y Pimienta, H. I. (2016). Sistema nervioso, neuroanatomía funcional y clínica (2.ª ed.). Programa editorial Universidad del Valle.
- Estevez, M. E., Lindgren, K. A., & Bergethon, P. R. (2010). A novel three-dimensional tool for teaching human neuroanatomy. *Anatomical Sciences Education*, 3(6), 309–317. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3189499/>
- García-Solís, E. (2018). Error en medicina, una reflexión bioética. *Revista CONAMED*, 23(S1), 40–45. <https://www.medigraphic.com/pdfs/conamed/con-2018/cons181h.pdf>
- García, B., & Mateos, A. (2018). Comparación entre la realización de maquetas y la visualización para mejorar la alfabetización visual en Anatomía Humana en futuros docentes. *Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 1-17.
- Justi, R. & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273–1292. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Kerby, J., Shukur, Z. N. & Shalhoub, J. (2011). The Relationships Between Learning Outcomes and Methods of Teaching Anatomy as Perceived by Medical Students. *En: Clinical Anatomy* 24(4), 489-497. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ase.61/pdf>.
- Motoike, H., O'Kane, R., Lenchner, E. & Haspel, C. (2009). Clay Modeling as a Method to Learn Human Muscles: A Community College Study. *En: Anatomical Science Education* (2), 19-23. <https://doi.org/10.1002/ase.61>
- Oh, C. S., Kim, J. Y. & Choe, Y. H. (2009). Learning of Cross-Sectional Anatomy Using Clay Models. *En: Anatomical Science Education* 2(4), 156-159. <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ase.92>
- Patiño-Moncayo, Á. D. (2016). Revisión anatómica del nervio facial (VII Par Craneano). *Morfología*, 8(2). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/morfologia/article/view/60113/57361>
- University of Colorado. (2020). Center for human simulation. Recuperado el 30 de Diciembre de 2019, de <http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/medicalschoo/cen/centers/HumanSimulation/Pages/Home.aspx>
- Waters, J. R., Van Meter, P., Perrotti, W., Drogo, S., & Cyr, R. J. (2005). Cat dissection vs. sculpting human structures in clay: an analysis of two approaches to undergraduate human anatomy laboratory education. *Advances in Physiology Education*, 29(1), 27–34. <https://doi.org/10.1152/advan.00033.2004>

Williamson, J., & Lee, C. (2018). What's Behind That Smile: Using Analogies, Facial Expressions, and Special Senses to Demonstrate the Interactions Between Body Systems in Anatomy and Physiology Lab Classes. *The American Biology Teacher*, 661-667.

Zhang, S., Heng, P., & Liu, Z. (2006). Chinese Visible Human Project. *Clinical Anatomy*, 204-215.