

**MATERIAL EDUCATIVO PARA LA ENSEÑANZA DE LA DEPREDACIÓN POR  
PERFORACIÓN A PARTIR DE UNA MUESTRA DE MOLUSCOS FÓSILES**

ANDRÉS FELIPE MORENO AYALA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

BOGOTA D.C.

2021-1

**MATERIAL EDUCATIVO PARA LA ENSEÑANZA DE LA DEPREDACIÓN POR  
PERFORACIÓN A PARTIR DE UNA MUESTRA DE MOLUSCOS FÓSILES**

ANDRÉS FELIPE MORENO AYALA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

DIRECTORA:

MARTHA JEANETH GARCIA

CODIRECTOR

ALEXIS ROJAS BRICEÑO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

BOGOTA D.C.

2021-1

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá D.C Septiembre 2021**

## **Agradecimientos**

A todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en la elaboración de este trabajo: mi directora la profesora Martha García y mi codirector Alexis Rojas, mi grupo de pares académicos, mi jurado la profesora Sonia Martínez, el equipo de estudiantes y profesores de la línea de investigación Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos. Sin la intervención de cada una de estas personas este proyecto no podría llegar a ser posible.

Adicionalmente, agradezco a cada uno de los autores y entidades referenciadas en este trabajo, ya que gracias a sus esfuerzos y material publicado ha sido posible el desarrollo de esta investigación.

## DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mis padres Orlando Moreno y Amelia Ayala, por ser pilares fundamentales en cada uno de los proyectos de mi vida, por ser aquellos que con su amor incondicional lograron que yo llegara hasta este punto, por ser aquellos que alimentaron esta pasión hacia los fósiles, permitiéndome convertir esta pasión en una forma de ver y vivir la vida.

A mi hermano Julián Moreno, por alentarme a perseguir mis sueños y mis proyectos, por ser ese apoyo en los momentos buenos y malos, por creer en mí y por impulsarme a mejorar y siempre darme todo dejando mi huella en cada uno de los proyectos que emprendí, desde el inicio hasta el final.

A la Universidad Pedagógica Nacional, por ser el lugar donde pude formarme personal, académica y profesionalmente, por brindarme los momentos más significativos para mi vida y por permitirme a través de sus diferentes espacios llegar hasta este punto.

A la Línea de investigación Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos y al equipo de profesores, por darme la oportunidad de desarrollar las diferentes propuestas que diseñé e implementé durante el ciclo de profundización del proyecto curricular de la Licenciatura en Biología.

A la profesora Martha Jeaneth García Sarmiento, por su constante acompañamiento y asesoría en cada uno de los proyectos que he implementado durante el proceso de mi carrera universitaria, además de tener la mejor disposición y paciencia para orientarme en diferentes etapas de mi proceso de formación, dándome la oportunidad de potenciar habilidades y de esta forma mejorar como profesional a través de la curiosidad, la rigurosidad y la creatividad.

Al profesor Alexis Rojas Briceño, por darme la oportunidad de superar mis límites constantemente, brindándome su perspectiva profesional, por permitirme desarrollar proyectos e investigaciones en mi área de interés la paleontología, y por tener siempre buena actitud y disposición frente a mis dudas surgidas en el camino.

A la profesora Sonia Esther Martínez, por su asesoría en cada uno de los proyectos en los que tuve la oportunidad de recibir comentarios y correcciones de su parte, los cuales ayudaron a complementar la visión y contenido en torno a lo biológico y pedagógico.

A Estephania Rojas, por ser una compañera de vida, por estar en cada una de las luchas que he tenido, por ser una persona participe de mis triunfos y fracasos a nivel profesional y personal, por apoyarme constantemente a mejorar y a dar más de lo que creí que podía llegar a hacer, por hacer parte de mi vida y por estar presente en este largo proceso de mi trabajo de grado.

A mis amigos Luisa León, Julián Torres, Wilmer Garzón, Jefferson Rivera, Camilo Rico y Marcela Quintero por acompañarme en el transcurso de la carrera en diferentes momentos, por permitirme crecer como profesional a través de los momentos compartidos. Les agradezco por ser compañeros y cómplices en los momentos buenos y malos, por aconsejarme, por ser personas cercanas a mí y por acompañarme en este momento tan importante para mí.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Introducción</b>  | 8  |
| <b>2. Justificación</b>   | 9  |
| <b>3. Planteamiento del problema</b>  | 10 |
| <b>3.1 Pregunta problema</b>  | 10 |
| <b>4. Objetivos</b>   | 11 |
| <b>4.1 Objetivo general</b>   | 11 |
| <b>4.2 Objetivos específicos</b>  | 11 |
| <b>5. Antecedentes</b>  | 11 |
| <b>5.1. Enseñanza de las ciencias por medio de fósiles</b>  | 11 |
| <b>5.1.2. Internacionales</b>   | 11 |
| <b>5.1.3. Nacionales</b>  | 13 |
| <b>5.1.3. Locales</b>   | 13 |
| <b>5.2. Enseñanza de las interacciones biológicas (depredador-presa) en el registro fósil</b>       | 14 |
| <b>5.2.1. Internacional</b>   | 14 |
| 5.2.2. Nacionales   | 15 |
| <b>5.2.3. Locales</b>   | 15 |
| <b>5.3. Investigaciones de las interacciones de depredador por perforación en el registro fósil</b> | 16 |
| <b>5.3.1. Internacional</b>   | 16 |
| <b>6. Marco teórico</b>   | 18 |
| <b>6.1. Geología de la Florida y Formación Tamiami</b>  | 18 |
| <b>6.2. Caracterización de Moluscos de la Florida</b>   | 20 |
| <b>6.3. Caracterización de los gastrópodos depredadores</b>   | 21 |
| <b>6.3.1 Adaptaciones en el aparato bucal de gasterópodos carnívoros</b>                            | 21 |
| <b>6.4. Interacciones biológicas (depredador-presa)</b>   | 23 |
| <b>6.4.1. Criterios para trazas de depredación</b>  | 24 |
| <b>6.4.2. Análisis de la intensidad de depredación</b>  | 25 |
| <b>6.4.3 Análisis de selectividad</b>   | 25 |
| <b>6.4.3.1. Selectividad de taxones</b>   | 25 |
| <b>6.4.3.2. Selectividad de sitio:</b>  | 26 |
| <b>6.5. Diseño del material educativo</b>   | 29 |
| <b>6.5.1. Modelo pedagógico resolución de problemas</b>   | 29 |

|  |    |
|--|----|
| <b>6.5.2. Problemas artificiales y reales</b>                                  | 29 |
| <b>6.5.3. En la enseñanza de las ciencias, ¿Cómo se soluciona un problema?</b> | 29 |
| <b>7. Metodología</b>  | 30 |
| <b>7.1. Enfoque investigativo Mixto</b>  | 30 |
| <b>7.2. Paradigma Positivista</b>  | 31 |
| <b>7.3. Población</b>  | 31 |
| <b>7.4. Muestra paleontológica</b>   | 31 |
| <b>8. Fases previas a la investigación</b>                                     | 31 |
| <b>8.1. Fase de limpieza</b>   | 31 |
| <b>8.2. Fase de revisión de fuentes bibliográficas</b>                         | 32 |
| <b>8.3. Fase de caracterización de la muestra</b>                              | 33 |
| <b>8.4.1. Frecuencia</b>   | 35 |
| <b>8.4.2. Selectividad</b>   | 36 |
| <b>9. Fases de la investigación</b>  | 37 |
| <b>9.1. Fase de revisión de base de datos de la curaduría</b>                  | 37 |
| <b>9.2. Fase de diseño de la propuesta educativa</b>                           | 38 |
| <b>9.3. Fase de revisión del material educativo por pares académicos</b>       | 38 |
| <b>9.4. Fase de correcciones y elaboración de propuesta final</b>              | 39 |
| <b>10. Resultados y análisis</b>   | 39 |
| <b>10.1. Fase de revisión de base de datos de la curaduría</b>                 | 39 |
| <b>10.2. Fase de diseño de la propuesta educativa</b>                          | 40 |
| <b>11. Consideraciones Finales</b>   | 49 |
| <b>12. Bibliografía</b>  | 50 |
| <b>13. Webgrafía</b>   | 52 |
| <b>14. ANEXOS</b>  | 52 |

## 1. Introducción

Los fósiles son para muchos de interés debido a los secretos que guardan detrás de su apariencia y particularidad, estos restos de la vida del pasado presentan variedades de formas y tamaños y algunos de ellos, en el momento de fosilizarse lograron llevarse consigo evidencias de cómo era la vida en su respectivo tiempo geológico. Cabe resaltar que no todos los fósiles constan de formas corporales, existen también algunos llamados icnofósiles o trazas fósiles los cuales están más relacionados con los comportamientos de los organismos, son estructuras sedimentarias producidas biológicamente, abarcando diferentes tipos de evidencias como pisadas, rastros, huellas, perforaciones, orificios, heces y otras evidencias de la actividad de los organismos del pasado (Camacho, 2007).

Dichas evidencias, por su particularidad permiten establecer relaciones entre patrones de comportamiento; para fines de este trabajo investigativo se pretende elaborar un material educativo, en donde se abordan las interacciones depredador-presa que se establecen entre gasterópodos perforadores de conchas y sus presas (bivalvos), por medio de la revisión de un trabajo de curaduría de una muestra de moluscos fósiles, la cual fue donada por el Ph.D. Alexis Rojas Briceño al Museo de Historia Natural de la Universidad Pedagógica Nacional (MHN-UPN).

Para esto, el trabajo se desarrolló en diversas fases, entre el periodo 2019-2021, abarcando diversas actividades que permitieron como resultado final la elaboración de un material educativo para la enseñanza de la depredación por perforación. Sin embargo, esta investigación inicia con un ejercicio de curaduría a la muestra de fósiles previamente mencionada, lo cual permite reconocer las bases teóricas para la elaboración de este material, esta curaduría consto de los siguientes pasos: fase de limpieza, fase de revisión de fuentes bibliográficas, fase de caracterización de la muestra y fase de sistematización de la información.

Posteriormente a esto, inicia la elaboración del material educativo, sucediendo en 3 momentos, de la siguiente forma: 1) *fase de revisión de base de datos de la curaduría*, esta fase consistió en realizar una revisión de la base de datos desarrollada entre los años (2019-2020), obtenida del proceso de curaduría de la muestra de moluscos fósiles de la Formación Tamiami (Estados Unidos); 2) *fase de diseño de la propuesta educativa*, consistió en el diseño de la primera versión del material educativo, esta versión se constituye de cinco actividades, en las cuales se abordan diferentes temáticas relacionadas con la depredación por perforación en moluscos; 3) *fase de revisión del material educativo por pares académicos*, con el fin de que, tanto las temáticas como las actividades elaboradas, vayan acordes a lo que se espera y por supuesto a los conocimientos previos de la población, se optó por realizar dos revisiones del material por parte de pares académicos, es decir estudiantes de la Licenciatura en Biología de Universidad Pedagógica Nacional graduados o de últimos semestres, los cuales se encargaron de examinar el material y realizar correcciones en aspectos como contenido, metodologías, redacción, etc ; y 4) *fase de correcciones y elaboración de propuesta final*, posteriormente a las revisiones por parte de los pares académicos, se realizaron las respectivas correcciones en aspectos previamente enunciados, a fin de elaborar una versión más precisa del material.

## 2. Justificación

La paleontología es quizás una de las ramas de la biología, que en la actualidad nos sigue asombrando, tanto por lo que se presenta en películas y programas de televisión, como en el ámbito científico, esto debido a que se siguen encontrando nuevos yacimientos y por supuesto nuevas especies. Sin embargo, la paleontología no sólo se limita al hallazgo de fósiles de organismos antiguos, sino que también a través de diversas técnicas explica aspectos como la ecología, morfología y en algunos casos hasta comportamientos (interacciones con el medio y con otras especies).

Abordar las interacciones biológicas de tipo depredador - presa por medio de la revisión del registro fósil, permite comprender y dimensionar la complejidad de los ecosistemas del pasado y de sus redes tróficas; cabe resaltar que algunas interacciones como la depredación por perforación, han sido llamativas debido a la identificación de rastros dejados en el sustrato esquelético de algunos organismos y que pueden ser asociados a la actividad biológica de otro organismo.

Teniendo en cuenta lo anterior, el interés por desarrollar esta temática en el presente trabajo de investigación surge a partir de tres aspectos: El primero, las clases durante la carrera en las cuales se abordaron temáticas relacionadas con paleontología, evolución, rocas y minerales, entre otros; en el segundo aspecto resaltamos el trabajo con la Colección Paleontológica del MHN-UPN por medio del voluntariado de la Línea de Investigación Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos. Y tercero, la experiencia de la práctica pedagógica y didáctica en Floresta, Boyacá. Donde se pudo abordar a mayor profundidad estos asuntos y proporcionó un primer acercamiento con la temática de las interacciones biológicas depredador-presa.

Comprendiendo a partir de dichas experiencias, el valor intrínseco y elemental que poseen las colecciones paleontológicas, las cuales al ser utilizadas como fuente de información en actividades educativas genera un interés en la población haciendo necesario que se estudie más sobre especímenes y se presenten propuestas alrededor de la temática saliendo de la inacción (...) por otra parte, estas iniciativas incrementan los conocimientos, además de contribuir en el refuerzo de nuestras capacidades docentes y didácticas no solo desde el conocimiento del ambiente, sino que también enriquece la sensibilidad y la experiencia humana. (Torres & García, 1998)

Si consideramos esta perspectiva de la bioprospección en lo educativo, que explora como una especie puede ser utilizada en una estrategia o actividad educativa, cabe aclarar que generalmente en la mayoría de las situaciones son objeto de estudio organismos actuales o que se encuentren vivos. Sin embargo, reconociendo el potencial e importancia de esta perspectiva, en esta propuesta se trabaja con un grupo de organismos que a pesar estar extintos, aún pueden ser utilizados como elementos educativos que no solo aportan en conocimientos sino que también ayudan a incrementar la experiencia educativa de estas temáticas del pasado, dando lugar a que la propuesta aporte a futuro, lo cual va acorde a la perspectiva de la bioprospección en lo educativo.

Por dicho motivo, a partir de los elementos mencionados, en esta investigación se propuso aprovechar el potencial que tienen las colecciones paleontológicas para el aprendizaje de las ciencias, empleando fósiles de la colección paleontológica MHN-UPN como recurso educativo, permitiendo reconocer conceptos biológicos relacionados con la depredación como: aspectos morfológicos, diferencia entre depredación y parasitismo, frecuencia, selectividad de presas, entre otros, que hacen parte importante de la formación de un Licenciado en Biología enriqueciendo el IV semestre del PLB (programa de Licenciatura en Biología). De esta forma, por medio de la curaduría y análisis de una muestra tamizada de 1 galón (4,546 litros) de moluscos fósiles del Mioceno-Plioceno (Formación

Tamiami, USA), se diseñaron seis talleres teórico-prácticos, como parte de la propuesta educativa, los cuales brindaron una aproximación a las metodologías de trabajo con este tipo de especímenes.

Finalmente, a partir de la revisión de antecedentes y de experiencias educativas e investigativas que se asemejen, no se han encontrado trabajos de grado previos en la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), ni tampoco en otras instituciones de educación superior de orden nacional que se relacionen con actividades educativas que trabajen la temática de depredación por perforación utilizando fósiles, por lo que esta propuesta amplía los alcances de las prácticas y genera conocimientos educativos a partir de las colecciones paleontológicas.

### **3. Planteamiento del problema**

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados en la sección anterior, podemos decir que los fósiles tienen un gran potencial en el ámbito educativo, esto debido a que son usados como parte de los currículos de los colegios, al igual que en niveles de educación superior de carreras como Biología y Geología, donde se usan para explicar temas como el tiempo geológico y teorías de la evolución.

Cabe resaltar que los fósiles normalmente son empleados usualmente para explicar qué son, ejemplos y cómo se forman, restándole importancia e impacto a los aportes que pueden proporcionar cuando son utilizados adecuadamente, ya que los fósiles, también brindan mucha información sobre las dinámicas ecológicas del pasado.

El abordaje superficial que se le da a los fósiles podría deberse al desconocimiento general de las metodologías usadas en la paleontología, donde a través de técnicas de muestreo y estrategias de análisis de datos, se puede obtener mucha información sobre el comportamiento del organismo y las dinámicas ecosistémicas en diferentes niveles.

Por tal motivo la importancia de la difusión de estas metodologías en estudios de las interacciones de depredación por perforación, permite dimensionar las aplicaciones y herramientas del campo de conocimiento de la paleontología, a través de un instrumento de investigación como es el estudio de caso empleando fósiles, aplicando también técnicas de análisis de datos con morfometría geométrica, medición de variables como frecuencia y selectividad.

Así, la elaboración de un material educativo a partir del trabajo con colecciones tanto físicas como fotográficas, permite evidenciar los conocimientos, técnicas y aplicaciones tanto en el ámbito científico como en el educativo, dando reconocimiento a los fósiles como recurso educativo.

#### **3.1 Pregunta problema**

A partir de los elementos mencionados anteriormente, en el presente proyecto se formula la siguiente pregunta problema:

**¿Cuáles actividades educativas sobre las interacciones depredador-presa se pueden diseñar a partir del trabajo con una muestra de moluscos fósiles?**

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Diseñar una propuesta educativa enfocada a describir variables de la depredación por perforación usando una muestra de moluscos fósiles de la Colección Paleontológica del MHN-UPN.

### **4.2 Objetivos específicos**

Identificar los principales tópicos afines a la depredación por perforación, teniendo en cuenta su importancia en el desarrollo de investigaciones en poblaciones de moluscos.

Sistematizar la información encontrada durante la curaduría del material fósil, abarcando variables tanto cuantitativas como cualitativas de los individuos encontrados en las muestras.

Plantear actividades educativas sobre los principales tópicos del fenómeno de las interacciones depredador-presa a partir de la experiencia con la muestra trabajada.

## **5. Antecedentes**

Se realizó una revisión bibliográfica de autores de orden local, nacional e internacional con respecto a trabajos investigativos o experiencias con estudiantes de diferente nivel educativo, a partir de lo cual surgen las siguientes categorías que engloban aspectos importantes para el desarrollo de este trabajo, dichas categorías son: enseñanza de las ciencias por medio de fósiles, enseñanza de las interacciones biológicas en el registro fósil e Investigaciones de las interacciones de depredador por perforación en el registro fósil.

### **5.1. Enseñanza de las ciencias por medio de fósiles**

En esta categoría se abordaron los autores que se enfocan en la enseñanza de las ciencias por medio de los fósiles, bien sea desde una investigación o desde experiencias de aula incluyendo propuestas didácticas.

#### **5.1.2. Internacionales**

Calonge García, *et al.* (2003) En su trabajo “*El uso didáctico de los fósiles en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra*” propone por medio de actividades sencillas y prácticas introducir a los estudiantes en el mundo de la paleontología, buscando aclarar y trazar un puente de sus preconcepciones con los conceptos que se pretenden enseñar. Por lo que se considera que las clases deben ser de carácter práctico o experimental, orientando a los estudiantes hacia las metodologías utilizadas en la paleontología; esto debido a que son procesos con ciertas dificultades y complejidades.

Adicionalmente, los autores consideran que para superar estas dificultades, permite comprender de mejor forma el concepto de fósil como elemento natural y útil, aprender a utilizar fósiles para hacer dataciones de determinados periodos de tiempo, relacionando estos temas con los objetivos de aprendizaje: conceptual, procedimental y actitudinal, para despertar mayor interés de los estudiantes en estos temas.

Este antecedente, aporta a este trabajo desde las aplicaciones de ejercicios relacionados con la temática de fósiles a los espacios educativos, por medio de actividades prácticas para facilitar el aprendizaje en los estudiantes, de igual forma se reconoce el potencial educativo que tienen los fósiles, su capacidad de asombrar y la oportunidad que brinda a los docentes si los utilizan como material de clase y en talleres; incentivando el desarrollo de una afinidad del estudiante con conocimientos y conceptos paleontológicos.

Casey & Lieberman. (2014) En su trabajo *“Beyond memorization: an intermediate-level paleontology activity that integrates anatomy, ecology, and macroevolutionary theory using trilobites”* proponen un ejercicio de laboratorio en el cual se busca integrar la ecología de los organismos y su anatomía con conceptos evolutivos, con el fin de minimizar la necesidad que tienen los estudiantes de memorizar la información. Para este ejercicio se utilizaron los trilobites como un estudio de caso macroevolutivo, esta propuesta de laboratorio está dirigida a estudiantes universitarios de geología o que vean cursos de introducción a la biología; para esto, los autores hacen énfasis en conceptos como: tiempo geológico, filogenia y fósiles traza.

Como parte de sus objetivos plantean: una familiarización de los estudiantes con la anatomía y los términos relacionados con los trilobites; brindar una experiencia a los estudiantes, donde estos identifiquen estructuras morfológicas homólogas en especímenes fósiles reales o por medio de fotografías, para el caso de no contar con especímenes en físico. Asimismo, resaltar en gran medida la historia evolutiva y la ecología, así como inferir el estilo de vida ecológico o nichos de los trilobites; delinear el razonamiento científico y exponer la disciplina de la paleontología como moderna y emocionante; y por último iniciar a los estudiantes en estudios de macroevolución en el registro fósil mostrando que los trilobites, son excelentes para los estudios de caso.

Este antecedente es importante debido a que los autores resaltan que en los libros de texto de biología, evolución y paleontología americana, no se hace un énfasis en temas como macroevolución. Adicionalmente la metodología de enseñanza permite que se de una experiencia llamativa para los estudiantes debido a la posibilidad de explorar la variedad de morfologías que tiene este interesante grupo. Finalmente, este antecedente, ofrece a los estudiantes universitarios, la posibilidad de mejorar sus habilidades de observación, y la importancia de trabajar con ejemplares o fotografías de fósiles mostrando su potencial educativo.

Duarte, Arai, Passos & Wanderley, (2016). Como parte de su trabajo *“Paleontologia no ensino básico das escolas da rede estadual do Rio de Janeiro: uma avaliação crítica”* hacen una reflexión en torno a la calidad de la educación en el estado de Río de Janeiro, en relación a conceptos de la paleontología que son enseñados a niveles de primaria. Dichos autores indagaron los conocimientos básicos que tienen estudiantes de diferentes localidades del estado de Río de Janeiro, en cuanto a los conocimientos paleontológicos por medio de un cuestionario, mostrando que algunos de ellos no son claros.

En dicha investigación se anota que estos inconvenientes se deben a falencias en los planes curriculares que no reconocen el valor de la paleontología dentro de la enseñanza de las ciencias naturales, pese a la presencia de instituciones que estudian los fósiles o incluso la existencia de yacimientos fosilíferos en un área cercana a los colegios objeto de estudio. Ante estas dificultades emergentes, recientemente algunas universidades están uniendo esfuerzos para la construcción de museos y el establecimiento de geosítios con el fin de difundir el conocimiento de la geología y la paleontología.

Este antecedente nos aporta una perspectiva en la cual estas temáticas pese a su importancia y su amplio estudio como pasa en el caso Brasil, no se le reconoce su relevancia, además de no ser incorporado en los planes curriculares nacionales, Sin embargo desde el punto de vista de este trabajo de

grado, esto constituye una posibilidad para que por medio del incremento de propuestas enfocadas a la paleontología, este campo de estudio y la gran cantidad de conceptos y temáticas que abarca, fomentando en el público en general un interés por su estudio científico y la conservación del patrimonio paleontológico.

### 5.1.3. Nacionales

Se destaca el trabajo de García Rodríguez (2015) “*Estrategia didáctica para la enseñanza de fósiles hallados en Colombia*” quien reconoce la importancia de emplear los yacimientos fósiles colombianos como estrategia didáctica para la comprensión de los procesos evolutivos y su historia natural.

Para esto propuso un juego didáctico a partir del cual se pretende afianzar estos conceptos, mejorando de esta forma la comprensión que tienen los estudiantes sobre el tiempo geológico, los fósiles descubiertos en Colombia, sus principales características, y finalmente más referentes sobre el concepto de fósil.

El aporte de esta investigación, es el uso que se le da a las fotografías y publicaciones de las especies descubiertas en Colombia, además de aprovechar una estrategia didáctica como lo es un juego, en donde los estudiantes aprenden de forma fluida, resaltando que el conocimiento de la paleontología, se debe enseñar a través de experiencias significativas para los estudiantes garantizando que adquieran diferentes conceptos.

Castaño Araque (2011), en su trabajo “*Aspectos de la historia de los dinosaurios como estrategia pedagógica en la enseñanza de algunos conceptos relacionados con la teoría de la evolución*” muestra una experiencia educativa implementada con estudiantes de grado sexto, aprovechando el interés y curiosidad que despiertan los dinosaurios como medio para enseñar teorías evolutivas.

Algunas de las actividades que se destacan son el diseño de un blog de dinosaurios y evolución, modelización de dinosaurios para la realización de exposiciones, un portafolio de consultas, un club de dinosaurios, noticias sobre dinosaurios e incluso juegos con las temáticas de dinosaurios y evolución. A través de la creatividad, la motivación y la exploración, se posibilita el aprendizaje de conceptos y su relación con las teorías evolutivas.

Este antecedente aporta al proyecto, desde la experiencia de la enseñanza de temáticas relacionadas con dinosaurios y las teorías evolutivas, brindando la oportunidad de despertar el interés de los estudiantes y conocer otras metodologías para abordar temas relacionados con la biología del pasado.

### 5.1.3. Locales

Por otra parte, realizando una revisión de trabajos de grado elaborados dentro de Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional en relación a la categoría de enseñanza de las ciencias por medio de fósiles, se evidencia un número muy reducido de propuestas en esta disciplina, se destacan los siguientes trabajos:

Castro Ayala, C. & Gil Acosta, M. (2013). “*Reconocimiento y valoración del patrimonio paleontológico del Devónico de Floresta-Boyacá, a través de un grupo paleontológico escolar*” se destaca la labor desarrollada con los estudiantes de la institución educativa Hector Julio Rangel Quintero a través de la pedagogía crítica donde se evaluó el contexto, la coherencia y la pertinencia del patrimonio paleontológico y su importancia científica, cultural y social dentro del municipio de Floresta.

Otro elemento importante de este trabajo es el esfuerzo de conformar un grupo con interés en la paleontología lo que implica una logística con los estudiantes (en el aula), realizando la labor de documentarse con respecto a las formas de vida que se encuentran en las localidades de los yacimientos del municipio, también el uso de técnicas y protocolos de muestreo y conteo de especímenes; Posteriormente, comunicándole a la comunidad, los avances y haciéndolos partícipes de otros espacios divulgando de esta forma contenidos educativos.

Se destaca este antecedente por encima de otros trabajos desarrollados por estudiantes de la UPN, principalmente debido a que presenta diferentes momentos en los cuales se aborda la importancia de los fósiles en contexto y se reconocen como potencial para el aprendizaje de conceptos en relación a la fauna del pasado y temas afines como evolución y geología. Adicionalmente, se destaca que en este trabajo se aborda los fósiles como medio para el reconocimiento y apropiación del patrimonio, lo cual no ocurre en las demás actividades implementadas por estudiantes de la UPN, donde los fósiles son el fin de su trabajo y no el medio como ocurre en el presente trabajo de grado.

## **5.2. Enseñanza de las interacciones biológicas (depredador-presa) en el registro fósil**

### **5.2.1. Internacional**

Kelley & Visaggi (2012). En su trabajo titulado *“Learning paleontology through doing: Integrating an authentic research project into an invertebrate paleontology course”* los autores comparten el trabajo realizado en el curso de paleontología de invertebrados de la Universidad de Carolina del Norte Wilmington, a partir de la incorporación de un proyecto de investigación como parte de la estructura del curso, lo que permite a los estudiantes graduados de este, mejorar la habilidad en lectura científica crítica y una mayor integración de la teoría y la práctica, dando lugar a lo que ellos nombran como “una experiencia de investigación auténtica”. Este curso semestral tiene una intensidad semanal de tres horas para lectura y tres horas de laboratorio, el curso es un electivo ofertado para geólogos, postgrados en geociencias, aunque también para varios estudiantes provenientes de otros departamentos como biología y antropología; los cuales usualmente toman este curso como un electivo.

El curso tiene sus orígenes en el año 1979, y a partir del año 2003 hasta el año 2011, el curso fue dirigido por Kelley, y gracias a los cambios que le realizó al curso como el proyecto de investigación, se han obtenido resultados favorables, que se evidencian en las evaluaciones formativas y sumativas, además del acompañamiento constante del instructor o docente a cargo, guiando la conformación de grupos de trabajo y las salidas de campo obligatorias. Tomando como punto de referencia los resultados de aprendizaje (SLOs), se destaca la comprensión de conceptos, aplicación de procedimientos relacionados con temáticas como estratigrafía, evolución, paleoecología, entre otras.

Esta investigación tiene un objeto de estudio común como son los moluscos con evidencia de depredación por perforación y en diferentes momentos se desarrollan y comprueban diversas hipótesis, como parte de los ejercicios de laboratorio. Adicionalmente, incluye una metodología grupal que puede ser altamente recomendable para la toma de datos en un contexto educativo, la cual consiste en dividir entre los integrantes roles específicos como medir muestras, codificar la morfología o el grado taxonómico, contar muestras perforadas; a fin de que se desarrollen habilidades propias de algunas etapas de la investigación con moluscos fósiles.

### 5.2.2. Nacionales

En el caso de los antecedentes de carácter nacional, se realizó una revisión en bases de datos de universidades e instituciones independientes, con el fin de encontrar artículos, trabajos de grado o investigaciones que aborden la temática de enseñanza de las interacciones biológicas (depredador-presa) en el registro fósil. Dicha búsqueda no arrojó información en la categoría de enseñanza, es decir no se encontró información de trabajos o experiencias previas que desde el ámbito educativo se hayan realizado en alguno de los niveles educativos (primaria, secundaria o educación superior); Sólo se encontraron trabajos de interacciones (depredador-presa) con organismos actuales como insectos o arácnidos, que difieren en gran medida de los moluscos y de su ecología.

### 5.2.3. Locales

En cuanto a antecedentes de esta categoría, haciendo una revisión en el repositorio de la revista indexada *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, la cual pertenece a la UPN no se encontraron artículos que aborden la temática de interacciones biológicas (depredador-presa) en organismos del pasado, si bien si se hacen acercamientos desde las aulas a la temática de las interacciones biológicas, muchas de ellas son experiencias con otro tipo de interacciones como la herbivoría, el mutualismo y parasitismo.

Por otro lado, algunos de los artículos encontrados, presentan alguna relación con el tema de la fauna del pasado y cómo es enseñada desde diversos escenarios educativos, podemos decir que se aborda dicha temática de forma general y únicamente mencionando superficialmente los organismos representativos de cada periodo geológico. Sin embargo, no se hace mención a interacciones biológicas entre dichos organismos o de posibles patrones de comportamiento basados en el registro fósil.

Por último, como parte de las metodologías en dichos artículos, no se menciona que los autores interactúen con material paleontológico o que desarrollen una metodología para analizar muestras de fósiles, de este modo el docente cumple un papel de transmisor de conocimiento paleontológico y pasa a un segundo plano los aportes que podría llegar a dar desde un ámbito investigativo.

Sin embargo, dentro de la categoría de trabajos de grado desarrollados dentro del departamento de biología, se destaca la investigación de:

Pinedo & Casallas (2020) en su trabajo titulado *Estrategias de depredación de los reptiles marinos del Cretácico colombiano*. en la cual efectivamente se hace un acercamiento a estas estrategias o tácticas que poseen los reptiles marinos al momento de depredar. Dicha información es posible a través de un proceso de revisión de fuentes bibliográficas, a través de la caracterización de los grupos de reptiles marinos encontrados en yacimientos fósiles colombianos y posteriormente relacionándolos con hábitos alimenticios y presas preferidas.

En dicha caracterización se tuvieron en cuenta aspectos básicos como taxonomía, descripción, tiempo geológico y lugar de hallazgo, a su vez que proponen el potencial de la ilustración científica como elemento para adquirir o aplicar conocimientos que se tengan sobre los grupos de organismos para este caso fósiles de organismos extintos. Este potencial de la ilustración científica al mismo tiempo, aporta significativamente en los procesos de reconstrucción de organismos extintos, ya que permite que en ocasiones los investigadores puedan recopilar la información recolectada y diseñar un modelo coherente y más preciso de los organismos del pasado.

Este trabajo aporta a esta investigación, brindando un acercamiento más preciso a la enseñanza de las interacciones (depredador-presa) en el registro fósil, dándonos un panorama desde los organismos vertebrados, los cuales también presentan interacciones de depredación y por supuesto su metodología particular para estudiar y analizar dichos patrones predatorios. Así mismo, se conoce y profundiza más

acerca de la paleobiología de los organismos de un tiempo geológico específico logrando expandir los conocimientos de la vida en el pasado,

De igual forma, dentro de la categoría de los proyectos de práctica pedagógica y didáctica, se destaca el trabajo de:

Moreno-Ayala (2018). En el trabajo titulado “*Una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las interacciones biológicas (depredador-presa) basados en el registro fósil, con estudiantes de grado noveno del I. E. Hector Julio Rangel Quintero*” en este trabajo desarrollado en el municipio de Floresta (Boyacá) se da un primer acercamiento a la temática de las interacciones biológicas (depredador-presa), lo que más adelante hace posible este trabajo investigativo, por medio de las actividades pedagógicas que se implementaron se pretende conocer acerca de las dinámicas ecosistémicas y como algunos de estos rastros se pueden conservar como evidencia de la interacción, siendo estos los llamados fósiles traza.

Así mismo como parte del proyecto, se busca aproximar a los estudiantes a la temática de los fósiles como aquellos organismos extintos que tienen un descendiente en la actualidad, relacionando no solo los linajes de los organismos sino los comportamientos que poseen estos. Esto debido a que en la paleontología se han utilizado patrones y hábitos de organismos de la actualidad y se extrapola para comprender los comportamientos de los organismos del pasado, esto es posible con la ayuda de icnofósiles que son rastros o trazas de comportamientos como huellas de animales, marcas producto de la alimentación, entre otros patrones, los cuales son de importancia para los análisis paleoecológicos.

Este proyecto como antecedente, permite comprender el potencial que tienen los fósiles como recurso educativo y las interacciones biológicas (depredador-presa) como temática que permite evidenciar procesos de enseñanza de las ciencias en diversos niveles académicos. Dando lugar a que más adelante se profundicen en algunos tipos de interacciones biológicas particulares que se dan entre determinados organismos y que permite evidenciar otro tipo de dinámicas dentro de los ecosistemas, como ocurre en el caso de la depredación por perforación en moluscos.

### **5.3. Investigaciones de las interacciones de depredador por perforación en el registro fósil**

#### **5.3.1. Internacional**

Se destaca el trabajo de Gómez-Espinosa, C., Gío-Argáez, R. & Carreño de la Vega, M. (2015). En su artículo “Estado del conocimiento de la durofagia en el registro fósil: interacción depredador-presa en moluscos marinos (Clases Gastropoda y Bivalvia)”. Los autores realizan una investigación de trabajos publicados y de circulación internacional enfocados en la durofagia, los cuales tengan como potenciales presas a bivalvos y gasterópodos marinos fósiles.

La durofagia es un tipo de hábito alimenticio de ciertos animales que consumen organismos con un esqueleto duro mineralizado, por lo que la principal evidencia se puede encontrar en las conchas de moluscos fósiles; cabe aclarar que la durofagia abarca seis tipos de evidencias: reparación, fragmentación, marcas de mordidas, perforación, coprolitos y “punctures” o pinchazos. Dentro de los resultados obtenidos para categorías asociadas a la durofagia, los autores recuperaron 101 artículos, que abarcaban alguno de los tipos de evidencias de depredación. Sin embargo de la totalidad de artículos tan solo 54 artículos abordaron la depredación en moluscos cenozoicos, la mayoría de aquellos, enfocados en especímenes del Neógeno. De esta revisión de artículos se atribuye la actividad depredatoria en la Era Cenozoica en un 72% a gastrópodos pertenecientes a Naticidae y Muricidae y el 28% restante corresponde a actividad depredatoria por parte de otros grupos como anélidos poliquetos, peces y mamíferos pinnípedos.

Este antecedente aporta a la investigación, demostrando que este fenómeno de la depredación por perforación, se presenta en diferentes ubicaciones geográficas, las cuales son de gran utilidad para el

registro fósil de depredación, brindando mayor conocimiento de las trazas fósiles y de posibles metodologías de análisis; resaltando de este modo el valor de los estudios paleoecológicos, además de la importancia de la publicación de este tipo de investigaciones.

En este orden de ideas, centrándonos en los aspectos de la depredación por perforación, se recuperaron las siguientes investigaciones:

Rojas, A., Hendy, A., & Dietl, G. P. (2015) en su trabajo “Edge-drilling behavior in the predatory gastropod *Notocochlis unifasciata* (Lamarck, 1822) (Caenogastropoda, Naticidae) from the Pacific coast of Panama: taxonomic and biogeographical implications” analizan los patrones de selectividad del sitio de perforación del gasterópodo depredador *Notocochlis unifasciata*, organismo común en la zona de la costa del Pacífico oriental de América Central. Este organismo se alimenta con mayor frecuencia de dos especies de bivalvos venéridos los cuales son; *Leukoma grata* (una concha grande, delgada, relativamente plana y débilmente esculpida) e *Iliochione subrugosa* (concha pequeña, más gruesa, más inflada y a menudo fuertemente ornamentada con pliegues comarginales y redondeados); dichos taxones de bivalvos fueron seleccionados para la investigación, debido a su morfología de caparazón contrastante, lo cual nos permite conocer más acerca de la selección de sitio de perforación de los depredadores, ya que hasta el momento se conoce que tienen preferencias para perforar en la región umbonal y en el borde ventral del caparazón.

Se estudió el comportamiento y la ecología de depredación y perforación de bordes de *N. unifasciata*, en condiciones de laboratorio. Se colectaron 30 especímenes de *N. unifasciata* de un hábitat intermareal y se conservaron separados; periódicamente se colectaron especímenes de presas *L. grata* e *I. subrugosa*, con el fin de agregar 3 individuos de un tamaño estándar a los estanques, donde se encuentran los depredadores y hacer seguimiento de su actividad depredadora. En este seguimiento se contrastan estas muestras de la playa con muestras de museo, analizando aspectos como la selectividad del sitio de perforación, por medio de un protocolo fotogramétrico, digitalizando la información de los organismos depredados, identificando cuatro pseudo-marcas en la superficie exterior de la valva para captar la posición del orificio: (1) el punto de curvatura máxima del margen ventral; (2) el punto de curvatura máxima del margen anterior; (3) la punta del pico de la valva; y (4) el punto de curvatura máxima del margen posterior; y por último el orificio de perforación.

También se estudió el efecto del tamaño para la selectividad de sitio, ya que el depredador captura a su presa, y de acuerdo al manejo que este le da a la presa, la ubicación del orificio, así como el tamaño de este puede variar. Basado en esta suposición los autores encontraron como resultado cuatro variaciones de relación de tamaños entre los depredadores y presas, los cuales son los siguientes: pequeño depredador / presa pequeña; depredador pequeño / presa grande; depredador grande / presa pequeña; y gran depredador / gran presa.

Este antecedente, es importante para la investigación, debido a que ilustra la metodología en la que se basó este trabajo, incluyendo aspectos sobre la recopilación de aspectos morfológicos del organismo y de las evidencias de perforación, para desarrollar hipótesis con respecto a los comportamientos depredadores como la selectividad del sitio de perforación. Adicionalmente, resalta la importancia del uso de las colecciones de museo y su potencial para realizar estudios comparativos.

Calvet (1992), en su trabajo “Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789) (Naticidae: Gastropoda)?” en el cual el autor exploró los comportamientos de depredación del naticido *Naticarius hebraeus*, a partir de datos experimentales previos con respecto al comportamiento como depredador que presenta esta especie.

Esta especie mediterránea, de acuerdo a trabajos previos nos indica que en el área del NE de España desde el año 1987 se han recogido muestras de moluscos de los fondos marinos y de dichas muestras obtenidas, un cierto número de especímenes presentan orificios comunes realizados por *Naticarius*. Dicha información es corroborada a partir de experimentos en acuarios, en los cuales estos caracoles son alimentados con diferentes especies de bivalvos, para el análisis de la información el autor tiene en cuenta las dos especies que son más abundantemente depredadas.

A dichos especímenes se les realizó la respectiva medición de parámetros de la concha como longitud, ancho y altura; al igual que la respectiva medición del diámetro exterior del orificio de perforación, a partir de la información que se toma de los organismos el autor registró tres posiciones posibles: en el umbo, en el centro y en los márgenes. Cabe mencionar que esta investigación confirma información sobre cómo este depredador, atrapa a su presa bivalva, sucediendo que el depredador le captura por el margen ventral, de forma que su probóscide con los órganos perforadores se encuentren más cerca del umbo.

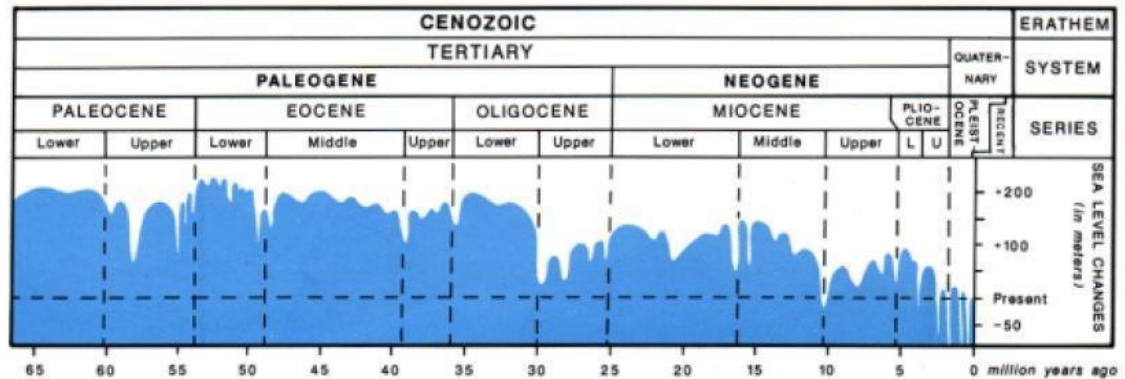
Este antecedente nos aporta desde la experiencia de trabajar con otra especie de naticido depredador, al igual que nos brinda una perspectiva sobre metodologías que pueden aplicarse para estimar la selectividad de sitio, ya que este tipo de selectividad se calcula por medio factores cualitativos que se interrelacionan con otros aspectos, como es el caso del tamaño de la presa.

## **6. Marco teórico**

### **6.1. Geología de la Florida y Formación Tamiami**

El estado de la Florida se encuentra ubicado en el extremo suroriente de los Estados Unidos, limitando con el golfo de México y con el Océano Atlántico, esta área también es conocida como la plataforma de la Florida. De esta emerge una estructura llamada península de la Florida que forma una muralla entre las aguas profundas del golfo de México y el océano Atlántico. Debajo de la superficie de la Florida, es posible encontrar rocas de la Era Precámbrica, Era Paleozoica, Era Mesozoica; las cuales forman en conjunto el basamento de rocas en donde además se encuentran agregados de rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias (Lane, 1994).

En esta región, ocurrieron fluctuaciones en el nivel del mar, siendo las más significativas las del Periodo Neógeno debido a que generando procesos de deposición de sedimentos y erosión en el transcurso de millones de años determinando mucha de la configuración actual del estado de la Florida (Imagen 1).



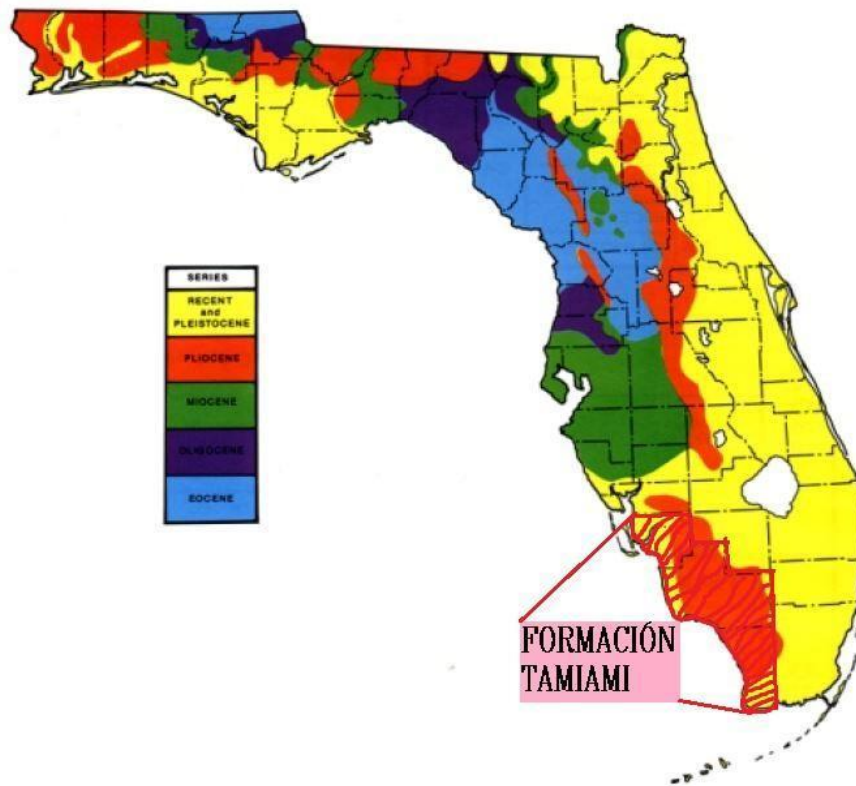
**Imagen 1. Cambios en el nivel del mar durante la Era Cenozoica.** Tomada de: Lane E. (1994).

Si observamos la columna estratigráfica perteneciente a la Era Cenozoica (Anexo 1), la cual se representa por sedimentos que se depositaron desde hace 65 millones de años en tiempo geológico, estos sedimentos se dividen en dos grupos: por un lado el Paleogeno, donde las rocas de carbonato predominan y el Neogeno-Cuaternario, donde predomina la arena de cuarzo, los sedimentos y las arcillas. (Lane, 1994).

El Neógeno, marcó un cambio en la sedimentación, y se inició la deposición de fosfato en la Florida; el aumento en las cantidades de fósforo permitió el rápido desarrollo de organismos marinos como el plancton, que al morir se asentaron, concentrando grandes cantidades de material orgánico, mezclados con los sedimentos.

Para esta investigación se utilizó como recurso educativo una muestra de moluscos fósiles proveniente de la Formación Tamiami, en el estado de la Florida, esta formación hace parte de columna estratigráfica de la Era Cenozoica en el Periodo Neógeno, entre la época del Mioceno y Plioceno.

Esta formación geológica es una unidad litoestratigráfica poco definida que contiene una amplia gama de litologías mixtas de carbonato-silicioclástico y faunas asociadas (Missimer, 1992). Ocurre en o cerca de la superficie de la tierra en los condados de Charlotte, Lee, Hendry, Collier y Monroe en la península del sur (Imagen 2). Los fósiles presentes en dicha formación ocurren como moldes, vaciados y material original, los organismos que se encuentran presentes allí incluyen moluscos, equinoideos, percebes, foraminíferos, corales y nanoplancton calcáreo (Scott, *et. al.*, 2001).



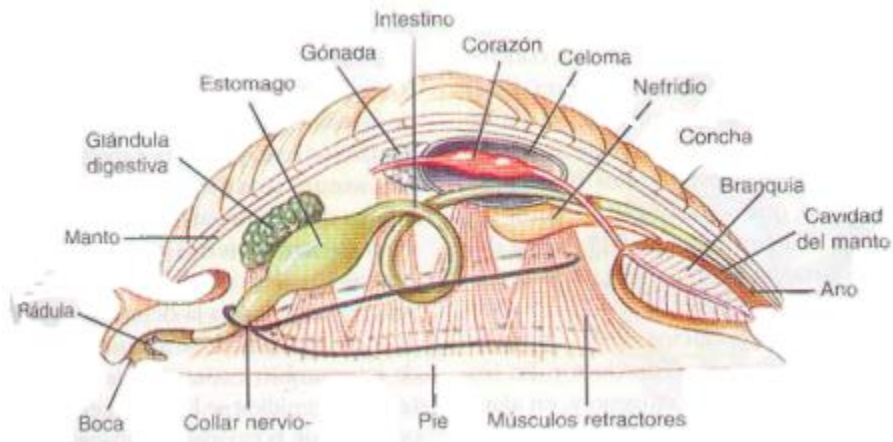
**Imagen 2. Mapa geológico de la Florida.** Muestra la ubicación de las rocas que se producen en o cerca de la superficie. Tomada de: Lane E. (1994). Imagen modificada por: Moreno A.(2020).

La Formación Tamiami es altamente permeable a las litologías impermeables que forman un acuífero complejo. Localmente, es parte del sistema acuífero superficial. En otras áreas, forma parte de la unidad de confinamiento intermedia / sistema acuífero. Otra característica de esta Formación, son los depósitos compuestos principalmente de conchas con cantidades subordinadas de arenas y arcillas, características comunes en la geología del Plioceno en gran parte del sur de Florida. (Lane, 1994).

## 6.2. Caracterización de Moluscos de la Florida

Es importante mencionar que debido a que la formación Tamiami ha sido estudiada con anterioridad se reconoce que dentro de la paleofauna que se puede hallar en esta formación geológica, hay una alta presencia de organismos pertenecientes al phylum Mollusca, destacando algunos grupos como bivalvos y gasterópodos. Este grupo de organismos de diversos hábitat, en su mayoría marinos, presentan cuerpo blando como característica principal del grupo, además de paredes especializadas como en el caso del manto en su pared dorsal que funciona como cavidad que encierra órganos internos, mientras que el pie muscular (pared ventral) se desarrolla cumpliendo con la función de la locomoción. Otra característica común del grupo es un órgano raspador llamado rádula, el cual se encarga de la alimentación acompañado de un sistema digestivo completo; para finalizar se destaca la presencia de estructuras u órganos como las branquias, ctenidios o pulmones (dependiendo del órgano que se use para el intercambio gaseoso), presencia de metanefridios, ganglios y órganos sensoriales que varían de acuerdo al grupo o clase que pertenezca.(Hickman, 2000).

“De acuerdo con los datos paleontológicos, los moluscos se originaron en el mar, y allí han permanecido la gran mayoría de ellos. Gran parte de su evolución tuvo lugar en los bordes costeros en donde abundaba el alimento y los hábitat eran variados” (Hickman, 2000, p.326). Su estructura básica consta de una región cefálica, un pie y una masa visceral (imagen 3), siendo la región de la cabeza encargada de funciones sensoriales y locomotoras, en el caso de la masa visceral se encarga de las funciones circulatorias, digestivas, reproductivas y respiratorias; sin embargo, cabe aclarar que a pesar de que este modelo es generalizado presenta diferentes modificaciones en las estructuras (región cefálica, un pie y una masa visceral), lo cual da lugar a diferentes modelos de moluscos y explica la diversidad característica del grupo.



**Imagen 3. Modelo generalizado de molusco.** Tomada de: Hickman, Roberts & Larson, A. (2000).

### 6.3. Caracterización de los gastrópodos depredadores

Los gastrópodos marinos perforadores de conchas son organismos que debido a su forma de alimentación pueden llegar a llamar la atención de muchos investigadores, por lo que en esta sección vamos a mencionar algunos tópicos importantes sobre estos organismos.

#### 6.3.1 Adaptaciones en el aparato bucal de gasterópodos carnívoros

Los gasterópodos carnívoros, son depredadores que se alimentan de otros moluscos a partir de una adaptación en la forma de su rádula, denominándose como *rádula raquiglosa* (imagen 4), la cual se caracteriza por no presentar dientes marginales o dientes en los extremos de la rádula. En la mayoría de los casos la rádula de los gasterópodos carnívoros tienden a tener menos dientes de mayor tamaño en comparación con las rádulas de los herbívoros.



**Imagen 4. Modelo de rádula raquiglosa.** Imagen recuperada de: Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). *Invertebrates*. 2ª ed. Sinauer Associates, Massachusetts. Modificada por: Moreno-Ayala (2021).

Algunos neogasterópodos se alimentan de otros moluscos perforando la concha calcárea de la presa con el fin de tener acceso a los tejidos y órganos internos,

“La perforación es principalmente mecánica; el depredador agujerea con su rádula mientras sostiene la presa con el pie. La acción de taladro se puede complementar por la secreción de sustancias químicas ácidas a partir de una glándula de perforación (también llamada “órgano perforador accesorio”); la sustancia química se aplica periódicamente al orificio que se está haciendo, para debilitar la matriz calcárea” (Brusca & Brusca, 2005, p. 795).

Cabe recalcar que a pesar de poseer morfología similar en el aparato bucal, a otros grupos de gasterópodos, hay algunas especies que presentan diferencias como un par de glándulas salivales (producen toxinas que se encargan de anestesiarse a las presas). Por otra parte,

“Algunas especies envuelven a la presa con la proboscis y otras, poseen en la misma una glándula proboscídea, que segrega ácido sulfúrico. De esta manera perforan las conchillas de sus presas (a veces a razón de 2 mm en 8 horas) e introducen la proboscis en el cuerpo de la misma, permitiendo que la rádula obtenga el alimento”(Camacho, 2007, p. 330).

No obstante, cabe mencionar que estas estrategias de depredación llegan a ser efectivas a partir de la captura de la presa (imagen 5), en algunos casos el gasterópodo inmoviliza a la presa por el margen ventral, de esta forma la proboscis se encuentra más cerca de la región del umbo. (Calvet, 1992) Donde se puede realizar la perforación, atacando durante largos periodos de tiempo las conchas o cubiertas externas del organismo, como en este caso los bivalvos y de esta forma acceder a los órganos internos.



**Imagen 5. Ilustración del método de captura de gasterópodos.** Imagen recuperada de: Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789) (Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismes i sistemes*, 57-64. Modificada por: Moreno-Ayala (2021).

#### 6.4. Interacciones biológicas (depredador-presa)

Debido a su importancia para determinar la naturaleza de los organismos, las interacciones biológicas es una temática de gran interés para la presente investigación, ya que nos brinda una perspectiva que nos permite conocer sobre aspectos de la vida en el pasado, en este caso a través de los fósiles, por tal motivo en la presente sección se contextualiza la temática de las interacciones biológicas depredador - presa.

Dicho esto la paleoecología es una rama de la paleontología que se encarga de estudiar las relaciones entre organismos y con su entorno, “entre sus objetivos se hallan determinar los motivos que influyeron en la evolución de los organismos y cuáles fueron las presiones del ambiente que intervinieron en la misma, además de establecer sus relaciones ecológicas, reconstruir su medio y las posibles causas de su extinción (...) para ello, se basa en el estudio de los estratos que contienen a los fósiles y en las condiciones de vida de formas actuales afines.” (Camacho, 2007, p. 2).

A medida que se ha estudiado la vida a través del tiempo geológico y los fenómenos asociados, se ha tratado de comprender y rastrear el momento en que los ecosistemas pasaron de ser simples a complejos. Algunos paleontólogos afirman que: durante la explosión del cámbrico (550 Ma) ocurrió una diversificación de los organismos a causa de una fuerza selectiva decisiva: esta fuerza es la depredación. Se estableció como una fuerza evolutiva, debido a que se vio una expansión de las redes alimenticias, observándose una redistribución de recursos, y en cuanto a la evolución de los organismos, ocurre una recombinación de caracteres a partir de la estimulación de respuestas por parte de presas contra los depredadores. (Bengtson, 2002)

Sin embargo es importante definir el fenómeno de la depredación, puesto que no se trata únicamente de “un organismo que mata a otro organismo, consiguiendo alimentarse” sino que juega un factor decisivo en las transiciones evolutivas esto debido a como lo afirman algunos autores es una “carrera armamentista o escalada” en su lucha por la supervivencia.(Bengtson, 2002) Por ejemplo, en el caso de un molusco el cual expresa genéticamente características en sus ornamentaciones que le impiden ser depredado, no obstante, el término carrera armamentista, implica que los caracteres selectivos se

expresaran, provocando que el depredador exprese características que le permitan depredar eficientemente, por lo que podemos decir que es un proceso de retroalimentación.

Comprendiendo que esta carrera entre ambos organismos fomenta el desarrollo de aspectos favorables para ambas partes, surge la duda ¿Que caracteriza a un depredador?, ante esto, muchos aspectos se pueden nombrar, sin embargo dentro de lo básico podemos decir que los organismos depredadores son aquellos “que cazan o atrapan, someten y matan animales individuales que tienen cierta capacidad de protección o escape” (Bambach citado por Kowalewski, 2002, p. 3-4). En este caso Bambach resalta la palabra individual a modo de distinguir entre organismos depredadores y organismos con alimentación de filtro pasivo como es el caso de crinoideos y ballenas (cabe resaltar que este tipo de alimentación es otro tipo de interacción ecológica).

Este aspecto de definir la interacción y a los implicados en ella, es de gran importancia para el estudio de las interacciones depredador-presa, debido a que nos permite asignar roles y comprender desde el papel de cada individuo, aspectos ecológicos de las formas de vida del pasado, no obstante para llegar a estas conclusiones pueden ser de importancia la presencia de rastros o evidencias que dichas interacciones ocurrieron, este tipo de evidencias se conocen como fósiles traza o rastros fósiles.

#### 6.4.1. Criterios para trazas de depredación

Los rastros de depredación fosilizados, son la fuente de datos cuantificables más importante en las investigaciones paleontológicas sobre interacciones entre depredadores y presas. Algunas de estas trazas fósiles son importantes porque permiten comprender estos comportamientos continuos entre los organismos, ya que son marcas dejadas por los depredadores en el sustrato esquelético de las presas; algunos de los indicadores más comunes que podemos encontrar en las presas se reflejan en daños estructurales como marcas de dientes, fracturas, perforaciones, cicatrices de reparación, entre otros rastros.(Kowalewski, 2002)

Cabe resaltar que estas trazas fósiles de acuerdo a la particularidad en que se dejaron en los organismos tienen unos aspectos que también se deben tener en cuenta como el hecho de que se encuentren estas huellas en diferentes entornos de depósitos, además se encuentran en un amplio espectro de presas, también se encuentran diferentes registros de huellas en el tiempo geológico, otro aspecto a destacar es que estas huellas se encuentran en esqueletos biomineralizados que se conservaron en sus procesos de fosilización, por tal razón se consideran evidencias directas de la interacción biótica.

Se sugiere tener en cuenta los siguientes elementos como evidencias para reconocer fósiles traza asociados a la depredación: 1) la forma geométrica definida que presentan los orificios de perforación, 2) la presencia de un rango de tamaño en los agujeros, 3) los orificios o trazas indican que estas permiten el acceso al interior del organismo (por dicho motivo no lo atraviesa de extremo a extremo), 4) la distribución de marcas u orificios en el esqueleto de sus presas no son de forma aleatoria, 5) y por último la presencia de cicatrices complementarias en algunos casos. (Kowalewski, 2002) De igual manera existen líneas de evidencia que permiten en específico contribuir a visibilizar la diferencia entre las marcas originadas por interacción de parasitismo y las de depredación, algunas de estas son: la correlación entre tamaño de los rastros y el tamaño de los fósiles, la presencia de cicatrices de fijación (asociadas a las trazas de origen parasitario) y por último las huellas hechas por los depredadores tienden a ser singulares mientras que las huellas parasitarias pueden ser múltiples.

Adicionalmente es importante diferenciar los tipos de daños que se suelen encontrar en muestras como los *daños subletales*, los cuales tienen formas de registrarse y representan eventos que surgen a partir de la interacción como una depredación fallida, depredación parcial exitosa, cicatrices de reparación o perforaciones curadas, y los *daños letales*, los cuales se representan en roturas extensas y perforaciones

completas (Kowalewski, 2002) estas últimas cabe aclarar que son las que se estudiarán y de las que se evaluará su intensidad y selectividad.

#### 6.4.2. Análisis de la intensidad de depredación

La intensidad de depredación, también llamada frecuencia, es una de las métricas más analizadas en estudios de interacciones depredador-presa debido a los datos cuantitativos que aporta a las investigaciones. Esta métrica es importante ya que nos permite descartar de primera mano los organismos que fueron depredados, de los que no, lo cual se puede considerar un punto de partida para la estimación y análisis de las demás métricas, a través de diferentes métodos, como las que nombraremos a continuación:

**Frecuencia de taxones de nivel inferior (*LTF*):** El cual tiene como objetivo estimar la frecuencia de las interacciones en cada taxón de presa de nivel inferior (típicamente especies, géneros o familias), sin embargo en este caso calcularemos hasta el nivel taxonómico de familia.

**Frecuencia de ensamblaje (*AF*):** El cual tiene como objetivo estimar la frecuencia general de los orificios de perforación completos realizados en el exoesqueleto de las presas en grupos de taxones superiores, en este caso Clase Bivalvia y Gastropoda.

**Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (*LTFmax*):** El cual tiene como objetivo calcular la frecuencia máxima o más alta de trazas encontradas en un taxón de nivel inferior entre todos los taxones de la muestra estudiada, es decir la familia, con mayor número de trazas registradas.

**Frecuencia de taxón de ensamblaje (*ATF*):** Aunque es similar a *AF*, ya que estima la intensidad general de la depredación en un ensamblaje fósil, sin embargo, se diferencia en que esta métrica utiliza una proporción de taxones más bajos en lugar de la proporción de especímenes para obtener una estimación de la intensidad general de la depredación.

#### 6.4.3 Análisis de selectividad

Es la segunda métrica o foco analítico de gran importancia en investigaciones sobre rastros de depredación, la cual a partir de patrones de selectividad en la distribución no aleatoria de los rastros a través de los taxones de presas (selectividad de taxones), en esqueletos de presas (selectividad de sitio) y entre presas con variedad de tamaños (selectividad de tamaño). (Kowalewski, 2002) Estas líneas que son objeto de análisis rutinario, se encargan de abordar otros puntos que precisan más indicios sobre la naturaleza de las interacciones de depredación.

##### 6.4.3.1. Selectividad de taxones

Los depredadores en general son selectivos al momento de elegir la especie o taxón de sus presas, esto indica que hay un taxón determinado que es atacado con mayor frecuencia de lo esperado, este índice permite detectar los taxones de presas que presentan proporciones de rastros altos o bajos, en relación a estudios de caso previos, como por ejemplo la selectividad de depredadores Naticidae y Muricidae. Para esto, se hace el cálculo de la abundancia relativa de organismos en el ensamblaje, relacionando dicho valor con las trazas encontradas en las piezas conservadas de las presas pertenecientes a la muestra.

No obstante, al momento de estudiar este tipo de selectividad en un ensamblaje fósil, existen algunos casos que pueden llegar a influir en los resultados del estudio, uno de ellos ocurre cuando ciertos individuos de un taxón presa a pesar de encontrarse dentro del mismo ensamblaje, no llegaron a ser

seleccionados por depredadores, esto debido a que no hubo un encuentro entre la presa y el depredador, lo que nos indica que la selectividad para el caso de un ensamblaje fósil no en todos los casos refleja como tal la selectividad activa.

Otro problema que se puede presentar en el análisis de selectividad (según Leighton, citado por Kowalewski, 2002) tiene que ver con la naturaleza secuencial de las interacciones, un ejemplo es los depredadores bentónicos los cuales, suelen encontrar una presa a la vez, lo cual refleja la frecuencia de los ataques en términos de los encuentros, más no una selección preferencial realizada por el depredador. Dicho autor respalda esta afirmación, a partir de la “regla cero-uno”, según la cual cualquier tipo de presa que puede ser capturada siempre será capturada, cuando se encuentran diferencias en la frecuencia de perforaciones entre los taxones presa, permite evidenciar bien sea la abundancia relativa o la accesibilidad que tienen los depredadores a los taxones presa (p.23).

#### 6.4.3.2. Selectividad de sitio:

La ubicación de los rastros dejados por un depredador en los esqueletos de sus presas puede brindar información con respecto a comportamientos que los identifican como depredadores, debido a que otros organismos también tienen interacciones en las cuales perforan o realizan orificios en otro organismo, como es el caso de organismos amensales y parásitos.

Es importante evaluar, la selectividad de sitio por varias razones: En primer lugar, hallar esta evidencia permite comprobar que ocurrió una interacción entre organismos o dicho de otra forma, se comprueba la naturaleza biótica de los orificios; en segundo lugar, identificar la selectividad de sitio, permite precisar el tipo de interacción que pudieron tener los organismos, por ejemplo, los agujeros asociados a la depredación son aquellos que se encuentran en áreas que permiten tener acceso a tejidos musculares de las presas o víctimas; y por último, en el caso de ocurrir cambios en la selectividad a lo largo del tiempo, se puede llegar a usar esta como herramienta para evaluar modelos evolutivos. (Kowalewski, 2002)

Existen enfoques generales que son utilizados para investigar la selectividad de sitio, uno de dichos enfoques es *la prueba de selectividad entre elementos*, esta consiste en evaluar la distribución de trazas entre diferentes elementos esqueléticos o ejes de simetría. (Kowalewski, 2002) Un ejemplo de esto es la actividad de natícidos los cuales tienen una cierta preferencia por perforar la valva izquierda, en lugar de las valvas derechas, esto para el caso de sus presas bivalvas.

A través de este tipo de investigaciones se han desarrollado estrategias analíticas, por lo que nombraremos las cinco estrategias que se utilizan hasta la fecha:

1. Enfoque cualitativo: El cual se basa en la superposición de todas las trazas en un elemento “estándar”, este enfoque da una ventaja de que da la posibilidad de definir sectores significativos en términos biológicos, los cuales sirven de base para comprobar hipótesis específicas en torno a la naturaleza de los rastros. (Kowalewski, 2002) Sin embargo, este método presenta la particularidad de que es un proceso altamente impreciso y que la naturaleza de sus datos aporta a otros enfoques más que al mismo enfoque cualitativo.

2. Enfoque sectorial: Este se basa en dividir el esqueleto de la presa en sectores y contar la frecuencia de las trazas en cada sector, esta distribución de trazas se puede evaluar a partir de pruebas de homogeneidad y algunos índices como el índice de uniformidad de Shannon-Weaver o métodos por computadora.

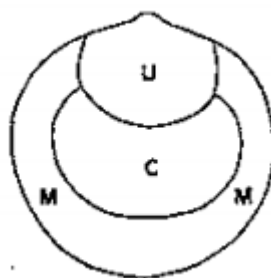
Los enfoques basados en sectores presentan dos tipos de estrategias: el *enfoque de sector desigual*, dicha estrategia consiste en dividir en un número pequeño de sectores de tamaño desiguales. Sin embargo, debido a la diferencia de tamaños de los sectores, al momento de analizar los datos, deben corregirse para rastrear diferencias en el área que representan. Por otra parte, el *enfoque de sector uniforme* que consiste en subdividir las conchas en sectores con áreas iguales, lo cual tiene la ventaja de tener elementos estadísticamente comparables, produciendo un sistema de rejilla biológicamente arbitrario. (Kowalewski, 2002)

3. **Enfoque angular:** Dicho enfoque puede aplicarse a superficies esqueléticas que pueden ser calculadas a partir de ángulos, como es el caso de las conchas de los caracoles o de amonitas. Para esto, la posición de las trazas se medirá usando variables continuas en unidades como radianes o grados.

4. **Enfoque Esclerocronológico:** Este enfoque puede aplicarse a cicatrices de reparación en organismos con ejes de crecimiento claramente definidos, la distribución de las trazas ubicadas en los ejes de crecimiento nos brinda información sobre la distribución de los ataques fallidos en edades / tamaño de las clases de presas. Asimismo, algunos autores utilizan el enfoque para detectar la estacionalidad de la depredación. (Kowalewski, 2002).

5. **Enfoque de puntos de referencia o landmarks:** Un enfoque propuesto por Roopnaire y Beussink (1999), los cuales proponen los agujeros de perforación como puntos de referencia bidimensionales, “Esta estrategia nos permite aplicar técnicas morfométricas modernas (...) para calcular la posición de los orificios de perforación en relación con puntos de referencia homólogos y pseudo-puntos de referencia en el esqueleto de la presa” (Kowalewski, 2002, p.26). Es de resaltar que es una forma efectiva de cuantificar la información mediante una integración de los datos de comportamientos de organismos depredadores junto con información referente a la morfología de la presa.

Cabe resaltar que el enfoque que se utilizó para el análisis de selectividad de sitio, durante esta investigación y para la elaboración del material educativo, fue el enfoque sectorial; resaltando la actividad predatoria en las zonas del borde de la valva, zona central y zona del umbo. Para esto, nos basamos en el modelo de sectores propuesto por Calvet (1992), el cual divide la valva en 3 sectores los cuales son zona del umbo, zona central y zona marginal (imagen 6).



**Imagen 6. Modelo de enfoque sectorial de Calvet.** Donde U representa la zona del umbo, C la zona central y M la zona marginal. Imagen recuperada de: Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismes i sistemes*, 57-64.

El uso de un modelo del enfoque sectorial, nos permite comprender los patrones de selectividad del sitio de perforación para cada taxón presa, ya que algunos géneros de gastrópodos, como se ha mencionado anteriormente, tienen cierta preferencia en realizar sus orificios de perforación en determinadas áreas de las valvas, para de esta forma acceder con mayor facilidad a los órganos y tejidos internos.

**Selectividad de tamaño:** El tamaño es sin lugar a duda, otro de los factores que son más importantes en interacciones depredador-presa, esto debido a que varias presas tienden a ser menos vulnerables a depredadores a medida que crecen, asimismo la relación costo-beneficio para los depredadores que está sujeto a los cambios en el tamaño de las presas. Ante esto podemos decir que patrones no aleatorios pueden indicar que el depredador prefiere atacar una clase de tamaño en particular, reflejando la selectividad de tamaño para individuos más pequeños, intermedios o más grandes en una población. (Kowalewski, 2002)

Cabe señalar que generalmente, se espera una correlación de tamaños, es decir depredadores más grandes comen presas más grandes, pero esta correlación puede variar con respecto al estado de conservación de los fósiles, ya que el esqueleto de una presa pequeña atacada por un depredador grande tiene menos probabilidades de ser preservado que el esqueleto de una presa grande atacada por un gran depredador, esto debido a que un gran rastro hecho en un pequeño esqueleto puede debilitar sustancialmente ese esqueleto y hacer que su conservación sea menos probable.

No obstante, para analizar y evaluar la selectividad de tamaño, se hace una comparación dentro de las muestras, revisando las distribuciones de frecuencia de tamaño (SFD) de especímenes perforados de una presa dada contra las distribuciones de frecuencia de tamaño de especímenes no perforados de esa presa. (Kowalewski, 2002) Así mismo, otro elemento importante que se puede analizar es la correlación entre el tamaño del rastro y el tamaño de la presa, es decir una análisis bivariado, para esto se analizan los datos con respecto al tamaño, ya que en cuanto a la distribución, podemos notar que suelen representar variables discontinuas, llegando a variar levemente algunos rastros, reflejando variedad de tamaños de orificios de perforación. Este elemento es importante, ya que los orificios de perforación pueden brindar información con respecto al tamaño relativo del depredador, esto se consigue identificando la correlación del tamaño de la presa con el tamaño del depredador. Un ejemplo de esto lo plantea Kitchell, 1986 (citado por Kowalewski, 2002) el cual comprueba dicha afirmación a partir de un estudio de caso para una especie natícida, asimismo es importante mencionar que dicha correlación nos puede indicar la selectividad de tamaño por parte del atacante.

De igual forma, el último factor que suele analizarse es el costo-beneficio, se analiza para estimar la clase de tamaño esperado de presa que debería ser preferida por el depredador, dicha preferencia se contrasta con el patrón observado, en relación a la distribución de rastros en todas las clases de tamaño de presa.

Sin embargo, es importante decir que este análisis de selectividad de tamaño, al igual que otros análisis, presenta algunos inconvenientes en relación a los sesgos. Por ejemplo, para las cicatrices de reparación, en el caso de individuos de un tamaño grande se plantean dos hipótesis sobre porque tienen más cicatrices, siendo estas: 1) las presas de mayor tamaño tienen mayores probabilidades de sobrevivir a ataques de depredadores y 2) la presa que era más grande, vivía mucho más tiempo, lo que incrementó su probabilidad de encontrarse con un depredador. (Kowalewski, 2002)

Por último, hay que mencionar que generalmente, se espera que la correlación de tamaños sea positiva, es decir depredadores más grandes comen presas más grandes, pero esta correlación se puede

mejorar, ya que el esqueleto de una presa pequeña atacada por un depredador grande tiene menos probabilidades de ser preservado que el esqueleto de una presa grande atacada por un gran depredador.

## **6.5. Diseño del material educativo**

### **6.5.1. Modelo pedagógico resolución de problemas**

Como parte del diseño de la propuesta educativa se proponen actividades que se orientan bajo el modelo pedagógico de resolución de problemas (RP), dicho modelo ha sido a lo largo de los años problematizado por diversos autores, quienes discuten desde la definición, hasta en qué consiste. Jessup (1998) referencia a Garret (1984-1987) el cual considera un problema como una situación enigmática, en otras palabras, algo que no es resoluble ni solucionable, únicamente comprensible, este tipo de problemas son definidos por el autor como *problemas verdaderos* por otra parte, aquellos problemas que pueden resolverse a partir de un paradigma, se les conoce como *rompecabezas* (p.2).

Dichos rompecabezas mencionados por el autor, pueden ser cerrados (si tiene una o varias soluciones, siendo todas correctas) o abiertos (en el caso de tener una o más soluciones sin ser necesariamente correctas o incorrectas, siendo en su lugar, aquellas que sean las más adecuadas para las condiciones del problema). A su vez, este autor piensa que cada persona es un caso único, por lo que las estrategias, los conocimientos, los recursos con los que disponga o incluso la personalidad de la persona, pueden influir en que cierta situación sea vista como un problema o como un rompecabezas. Como ya se ha mencionado previamente, otro de los factores que influye, es el uso de algoritmos, esto debido a que existen algunos problemas que “(...) para su solución se hace indispensable seleccionar o integrar dos o más algoritmos mediando procesos de análisis y razonamiento, ésta podría ser considerada un problema independientemente de si tiene una o más soluciones” (Jessup, 1998, p. 3).

### **6.5.2. Problemas artificiales y reales**

Jessup (1998) referencia a Frazer (1982) el cual tipifica los problemas mencionando que hay dos tipos, los *artificiales* y los *reales*, los cuales mencionaremos a continuación: el primer tipo o los *artificiales*, son aquellos que su solución lo conoce la persona que formula el problema, en cuanto al segundo tipo o los *reales*, son aquellos cuya solución es desconocida o no existe (p.3). En este orden de ideas, se puede pensar que los problemas, van a la par a los desarrollos científicos, por lo que podemos considerar que los problemas reales en las ciencias naturales no se ubican obligatoriamente en una única disciplina, sino por el contrario es mejor pensar en una resolución desde un enfoque interdisciplinar o transdisciplinar, en escenarios educativos. Mientras que los problemas artificiales, dependen de si presentan un objetivo dirigido o no y de acuerdo a su formulación pueden ser abiertos o cerrados, en relación a factores como el número de soluciones que presenten.

### **6.5.3. En la enseñanza de las ciencias, ¿Cómo se soluciona un problema?**

La resolución de problemas (RP), dependiendo de la perspectiva del autor, puede incluir ciertas condiciones dentro de su proceso, como puede ser la creatividad y la originalidad que influyen en la forma de hallar la solución. Otros autores, como Frazer (1982) referenciado por Jessup (1998) opina que resolver un problema consiste en un proceso que se vale del conocimiento en una disciplina específica, además de las habilidades y técnicas que permitan acercarnos del problema a la solución (p. 4). Dicha forma de comprender este proceso, tiene relación con la investigación que se desarrolla en el presente documento, puesto que para la elaboración del material educativo y para solucionar las actividades que

contiene, se requiere de un dominio de los conocimientos de áreas específicas de la Biología, además de las técnicas que se utilizan para trabajar en colecciones biológicas y paleontológicas.

Sin embargo, para la elaboración de las actividades educativas, se tuvieron en cuenta algunos conceptos considerados por Jessup (1998) como aspectos centrales de las estrategias de enseñanza de las ciencias: el modelo de RP contribuirá a que los estudiantes planteen hipótesis, implementen y diseñen experimentos o estrategias que den lugar a corroborar las hipótesis, los problemas escogidos deben provenir de un escenario o situación natural, comprender el campo de conocimiento del que proviene el problema (dominio amplio del tema), y por último, la fase final de la resolución de un problema es la comprobación de dicha solución (p. 4). Dichos aspectos considerados por el autor como centrales, le da mayor profundidad a este proceso, por ejemplo para el caso de esta investigación no solo consiste en enfrentarse a un problema en este caso, examinar unos especímenes fósiles, sino que la ruta de actividades propuestas, incentivarán a que los estudiantes fortalezcan las habilidades que posea previamente, como la capacidad de observación, de formular hipótesis y de analizar variables tanto cuantitativas como cualitativas de los organismos con los que está trabajando, para finalmente reconocer cómo ocurren las interacciones depredador-presa.

Por último, cabe resaltar que así como lo afirma Jessup (1998) este proceso implica una reorganización del conocimiento de la persona que resuelve el problema, por consiguiente se constata el aprendizaje cuando se modifica la información (p.4). Por lo que podemos afirmar que estos procesos de RP en la enseñanza de las ciencias y a través del uso del método científico, permite generar nuevo conocimiento que retroalimenta para este caso el área de la paleontología, a partir de una nueva perspectiva por cuenta de los estudios paleoecológicos, por medio de una herramienta llamada estudio de caso, sobre una muestra de moluscos fósiles, con el fin de fortalecer metodologías de investigación y análisis de datos que enriquezcan las capacidades de los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional.

## **7. Metodología**

### **7.1. Enfoque investigativo Mixto**

Este enfoque es una combinación de los enfoques cuantitativo y cualitativo, tiene esquemas de pensamiento inductivo y deductivo, además de brindar las ventajas de ambos enfoques, adicionalmente, “un estudio mixto lo es en el planteamiento del problema, la recolección y análisis de los datos, y en el reporte del estudio” (Teddlie & Tashakkori, citado por Sampieri, Collado & Lucio, 1991).

Se escoge dicho enfoque ya que nos da una perspectiva más precisa de la investigación, ya que debido a que trabajamos con un material educativo elaborado a partir de una curaduría de una muestra de fósiles, en donde se realizó una recopilación de información tanto cuantitativa (medidas) como cualitativa (observaciones sobre los especímenes o sobre las evidencias que se encontraron), dicha información es importante puesto que a partir de las variables recopiladas se pretenden resolver dudas y formular hipótesis con respecto a los comportamientos de los organismos del pasado, además se resalta que la información de la curaduría es el insumo primario para la elaboración de cada una de las actividades educativas.

Finalmente, este enfoque es de utilidad, ya que permite desde la elaboración del material educativo orientar metodológicamente la propuesta en su totalidad, permitiendo que en una futura implementación del material, este puede ser analizado bajo este mismo enfoque, facilitando la experiencia de recopilar y sistematizar la información obtenida con respecto al conocimiento de las interacciones depredador-presa.

## **7.2. Paradigma Positivista**

Este proyecto a su vez se desarrolló dentro del paradigma positivista, “en este método cuantitativo el saber científico se caracteriza por ser racional, objetivo, se basa en lo observable, en lo manipulable y verificable” (Cuenya & Ruetti, citados por Ramos, 2015, P. 11). A la luz de este paradigma, las investigaciones se plantean el objetivo de comprobar hipótesis a través de medios cuantificables, medios estadísticos o también para determinar parámetros y variables, lo cual se aborda al momento de desarrollar la base de datos con los especímenes de la muestra de moluscos y durante el análisis de datos obtenidos.

No obstante, este paradigma reconoce el conocimiento que es obtenido a través de la experiencia del sujeto o en este caso el investigador, es decir el empirismo, y cómo a través de la validación de dichas experiencias y de la información obtenida de estas, se puede consolidar nuevos conocimientos, dentro de un contexto científico. En este caso, la experiencia de la caracterización de muestras de fósiles, puesto que tiene una fase de observación y una fase de análisis de datos estadísticos, posteriormente se contrasta la información obtenida con unos referentes teóricos validando la investigación, y construyendo nuevo conocimiento de las interacciones depredador-presa.

## **7.3. Población**

El presente proyecto de investigación consiste en una propuesta educativa, dirigida para estudiantes de pregrado con ciertas bases en temas como paleontología y taxonomía básica, lo que permite que esta propuesta se pueda implementar en espacios académicos de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, como Diversidad Biológica 2 (cuarto semestre) y Seminario de evolución (sexto semestre). Con el fin de que los estudiantes que participen de estas actividades tengan los conocimientos y habilidades básicas que les permitan desarrollar las actividades de forma óptima.

## **7.4. Muestra paleontológica**

El trabajo de investigación se desarrolló a partir de una muestra tamizada de 2 galones de moluscos fósiles que corresponden a la era Cenozoica en el Periodo Mioceno-Plioceno de la formación geológica Tamiami, proviene del estado de La Florida (Estados Unidos), cabe destacar que esta muestra fue facilitada gracias a la donación del Ph.D. Alexis Rojas Briceño, quien proporcionó dicho material a el Museo de Historia Natural de la Universidad Pedagógica Nacional (MHN-UPN). La muestra presenta una diversidad de organismos que varía entre bivalvos, gasterópodos, percebes y cnidarios, de igual forma, esta muestra tiene la particularidad de tener organismos con evidencias de depredación por perforación la cual se refleja como su nombre lo indica, en orificios de tamaño mayor a 1 mm que se encuentran ubicados en ciertas regiones de las conchas de los moluscos fósiles presentes en la muestra.

## **8. Fases previas a la investigación**

En esta sección vamos a mencionar en términos generales las fases o etapas de la curaduría de la muestra de moluscos fósiles, desarrollada entre los años (2019-2020), esto con la finalidad de que el lector comprenda cómo ocurrió el proceso.

### **8.1. Fase de limpieza**

En esta etapa se limpiaron las muestras, pues aunque estaban previamente tamizadas, se removió el sedimento de algunos especímenes para examinarlos más detalladamente.

- Esta limpieza se realizó través de una malla o un tamizador donde se dispusieron pequeñas cantidades de la muestra,
- A continuación se lavaron con abundante agua con ayuda de una manguera, seguido por el movimiento del tamiz para poder filtrar con mayor eficacia,
- Posteriormente se dejó secar el material para guardarlo en bolsas herméticas y se repitió el proceso con el resto de la muestra (imagen 7).



**Imagen 7.** Muestras de moluscos fósiles secándose posterior al proceso de limpieza. Fotografía tomada por: Moreno A. (2019).

## 8.2. Fase de revisión de fuentes bibliográficas

Esta etapa consistió en consultar fuentes bibliográficas relacionadas con la investigación de Rojas, A., Hendy, A., & Dietl, G. P. (2015) en su trabajo “Edge-drilling behavior in the predatory gastropod *Notocochlis unifasciata* (Lamarck, 1822) (Caenogastropoda, Naticidae) from the Pacific coast of Panama: taxonomic and biogeographical implications” la cual es una de las principales fuentes para este trabajo, por lo que cualquier fuente con información similar o que coincida con tópicos como: Formación geológica Tamiami, moluscos del Mioceno-Plioceno y patrones de comportamentales de depredación por perforación en moluscos.

Adicionalmente, dicha revisión bibliográfica abarcó diversos tipos de fuentes provenientes de libros, artículos científicos y bases de datos. Por medio de esta información, se pudo reconocer más a

profundidad acerca de la depredación por perforación, además de técnicas y métodos útiles para identificar y calcular algunas de las variables que permiten estimar los patrones predatorios evidenciables en ciertos individuos presa.

### 8.3. Fase de caracterización de la muestra

Una vez limpio el material, se procedió a recopilar datos de los fósiles, es decir variables cuantitativas y cualitativas de los organismos pertenecientes a la muestra:

- **Cuantitativas:** medición de parámetros (largo, alto y ancho), proporción de organismo (fragmento, incompleta, moderadamente completa o completa), número de morfotipos que pertenezcan al mismo género, tamaño interno y externo del orificio de perforación (en el caso de encontrarse).

Es importante mencionar que para la medición de las variables cuantitativas como: largo, alto, ancho, tamaño interno y externo del orificio de perforación, se utilizó un pie de rey o calibrador.

- **Cualitativas:** clasificación taxonómica, modo de vida del organismo, presencia de perforación en el organismo (Si, No o perforación incompleta) y otras observaciones.

Para la clasificación taxonómica de los especímenes se empleó la plataforma web de la Colección Paleontología de invertebrados del Museo de la Florida (imagen 8), que cuenta con fotografías, datos de colecta y dimensiones de especímenes, facilitando la organización de la información.



**Imagen 8. Plataforma web de la colección paleontología de invertebrados del Museo de la Florida.** Recuperada de: <http://specifyportal.flmnh.ufl.edu/ip/>. Captura de pantalla por: Moreno A. (2020).

### 8.4. Fase de sistematización de la información

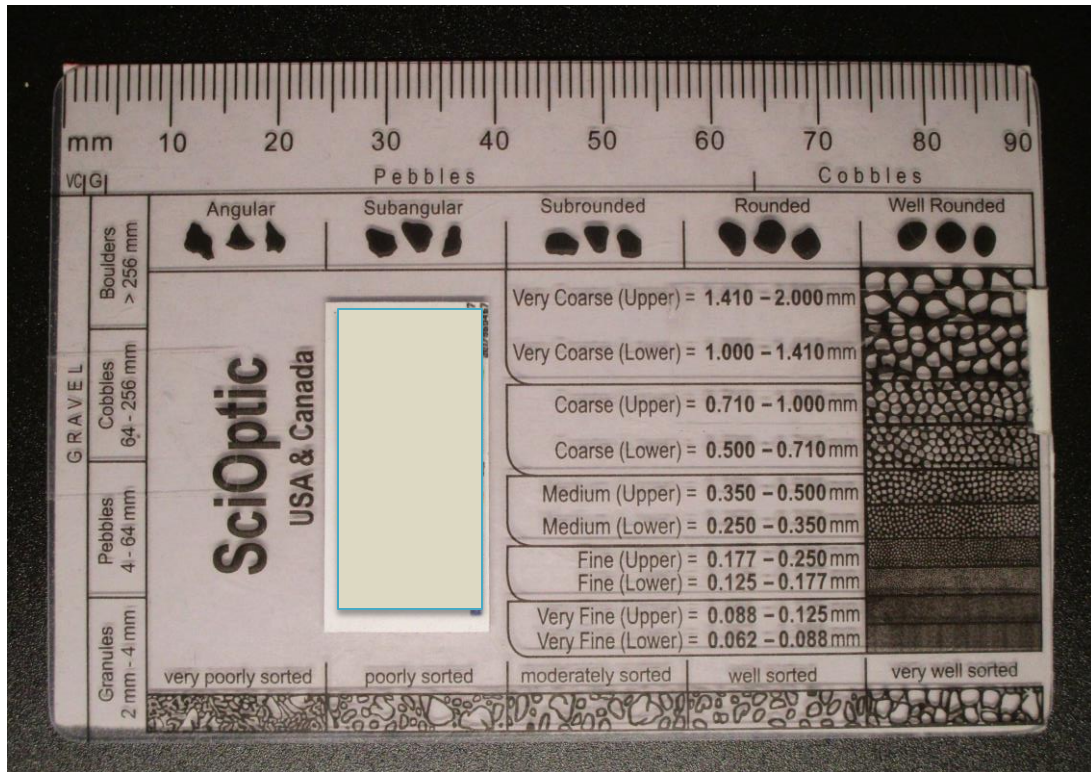
Una vez identificados y clasificados los especímenes, se elaboró una base de datos (Anexo 2) entregada al Museo de Historia Natural de la Universidad Pedagógica Nacional , en la que se consignaron los datos obtenidos de los organismos que se encuentran en la muestra, de esta forma organizando la información en un solo formato para futuras referencias.

Adicionalmente, como parte del ejercicio de sistematización de la información, se tomaron fotografías de cada uno de los organismos de la muestra, para esto se utilizó una cámara de luz (Imagen 9), instrumento que permite canalizar la luz con mayor precisión, permitiendo que las fotografías de los especímenes, tengan mayor definición. Cabe mencionar que para realizar dicha labor, se usó una cámara digital canon PowerShot ELPH 190 IS, la cual consta de: 20 Megapíxeles, Procesador DIGIC 4+, Resolución de video 1280 x 720 a 25 fps, Zoom óptico de 10X y Pantalla LCD de 2.7"



**Imagen 9. Cámara de luz.** Fotografía tomada por: Moreno A. (2021).

Así mismo, para la toma de las fotografías se utilizó una cámara de luz (**Imagen 9**) y una tabla granulométrica marca SciOptic (Imagen 10), que usualmente se emplea en estudios con rocas sedimentarias, esta tabla cumplió el papel de escala, ya que esta tabla en sus extremos tiene una regla con unidades en milímetros.



**Imagen 10. Tabla granulométrica.** Fotografía tomada por: Moreno A. (2020).

No obstante, en cuanto al proceso de edición de las fotografías, se utilizaron programas básicos como: editor de imágenes de microsoft office 2010, la herramienta "recortes" y paint.

Posteriormente, se analizó la información en búsqueda de tendencias de depredación, como la frecuencia de depredación y las formas de selectividad del depredador, sobre diferentes aspectos de la presa. En cuanto a la estimación de los índices de frecuencia y patrones de selectividad, se tuvieron en cuenta fórmulas propuestas por Kowalewski (2002), cabe mencionar que para estimar la selectividad de sitio, obedecen a caracteres o variables que se estiman de forma diferente de acuerdo al enfoque elegido, en este caso el enfoque sectorial, por lo tanto no requiere de una ecuación para calcular dicha información.

A continuación, se mencionan los parámetros que se midieron y con su respectiva fórmula:

#### 8.4.1. Frecuencia

**Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF):** Esta métrica se usa para calcular la frecuencia de los ataques fallidos (por ejemplo, la frecuencia de cicatrices de reparación en las ostras grifoides).

$$LTF = D_K / N_K$$

K= es un taxón objetivo de nivel inferior en el análisis.

DK= es el número de especímenes de ese taxón que contienen una traza de depredación exitosa, es decir al menos un orificio de perforación completo.

NK= es el número total de especímenes de ese taxón en la muestra.

**Frecuencia de ensamblaje (AF):** Esta métrica estima la frecuencia de las trazas en un taxón superior al que se aplica el protocolo de muestreo masivo (por ejemplo, todos los moluscos o todos los braquiópodos).

$$AF = \Sigma D_i / \Sigma N_i$$

$D_i$ = es el número de especímenes de especies  $i$ -ésima con al menos un rastro de depredación

$N_i$ = es el número total de especímenes de especies  $i$ -ésima en la muestra.

**Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX):** Esta métrica permite calcular la frecuencia máxima o más alta de trazas encontradas en un taxón de nivel inferior entre todos los taxones de la muestra estudiada, es decir la familia, con mayor número de trazas registradas.

$$LTF_{MAX} = D_{MAX} / N_{MAX}$$

MAX= es un taxón de nivel inferior con la mayor frecuencia de trazas en el ensamblaje,

DMAX= es el número de especímenes de esa especie que contiene al menos un trazo de depredación exitoso,

NMAX= es el número total de especímenes de esa especie en la muestra

**Frecuencia de taxón de ensamblaje (ATF):** propuesta por Vermeij, el cual define numéricamente, “*especies comunes* como aquellas representadas por al menos 20 valvas y *atacadas con frecuencia* como aquellas con  $LTF > 10\%$ .” (Vermeij 1987, citado por Kowalewski, 2002). Siendo ambas definiciones importantes para calcular la frecuencia del taxón, para el caso de esta métrica.

$$ATF = D_T / N_T$$

$D_T$ = es un número de taxones comunes que frecuentemente tienen rastros de depredación

$N_T$ = es el número total de taxones en la muestra.

#### 8.4.2. Selectividad

**Selectividad de taxones:** La selectividad de taxones simplemente significa que un taxón determinado es atacado con más frecuencia de lo esperado por casualidad, este índice puede ayudarnos a detectar taxones presa con proporciones de trazas inusualmente altas o bajas.

$$L_i = R_i - P_i$$

RI= es el porcentaje de especímenes con trazas pertenecientes al taxón i calculado en relación con todos los especímenes con trazas encontradas en el ensamblaje,

PI= es el porcentaje del taxón i en el ensamblaje.

**Selectividad del sitio:** Es uno de los aspectos que proporcionan información útil sobre las interacciones depredador, sin embargo dentro de los enfoques analíticos, encontramos algunos como el que se pretende abordar en esta ocasión será el enfoque sectorial, el cual consiste en dividir el exoesqueleto o valva de la presa, en sectores pueden ser iguales o desiguales con el fin de adquirir información sobre el comportamiento del depredador.

Para esto, se usó el modelo de sectores propuesto por Calvet (1992) el cual divide la valva en 3 sectores los cuales son zona, del umbo, zona central y zona marginal (imagen 6). A partir de este modelo, se pudo representar el patrón de selectividad del sitio de perforación para cada familia registrada en la base de datos.

**Selectividad de tamaño:** Se calcula haciendo una comparación dentro de las muestras, revisando la distribución de frecuencias de tamaño en especímenes perforados de una presa contra la distribución de frecuencias de tamaño en especímenes no perforados de esa presa. }

## 9. Fases de la investigación

La presente sección, consta de los momentos o fases en los que se dividió el trabajo durante la elaboración del material educativo, cabe aclarar que cada fase o momento consta de sus propios procedimientos, los cuales se planificaron a partir de la curaduría de la muestra de moluscos fósiles, abarcando el proceso tanto de curaduría como de recopilación y sistematización de la información, con respecto a los organismos hallados en la muestra y también sobre la presencia o ausencia de evidencias de depredación por perforación.

Dentro del ámbito educativo,

“(…) en múltiples ocasiones aquello que es considerado por los docentes de ciencias como problema, no pasa de ser un simple ejercicio y que en consecuencia, lo que determina si la situación planteada por el profesor constituye o no un problema, son las etapas que implica su resolución” (Jessup, 1998, p. 3).

Comprendiendo que la elaboración de un material educativo en torno a una temática es un ejercicio en el cual se plantea una problemática y una metodología para resolverla, por dicho motivo, esta sección del trabajo de investigación se desarrolló en cuatro momentos o fases, los cuales evidencian la experiencia del propio autor de esta investigación, en este proceso de la siguiente manera:

### 9.1. Fase de revisión de base de datos de la curaduría

Esta fase consistió en realizar una revisión de la base de datos desarrollada entre los años (2019-2020), obtenida del proceso de curaduría de la muestra de moluscos fósiles de la Formación Tamiami

(Estados Unidos), perteneciente a la Colección Paleontológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Pedagógica Nacional (MHN-UPN).

Esta revisión fue de forma detallada, destacando cada una de las variables registradas en la base de datos, tanto las cuantitativas (longitud, altura, ancho, diámetro del orificio de perforación) como las cualitativas (clasificación taxonómica, estado de conservación del espécimen, observaciones adicionales).

## 9.2. Fase de diseño de la propuesta educativa

Esta etapa consistió en el diseño de la primera versión del material educativo, el cual consistió de cinco actividades las cuales abordaban temáticas de la depredación por perforación en moluscos de la siguiente manera:

→ Cuestionario diagnóstico: Este consistió en revisar los conceptos previos que poseen los participantes de la actividad en temáticas como generalidades de los moluscos e interacciones entre organismos pertenecientes a este Phylum.

→ Generalidades de los moluscos: con el fin de que conozcan acerca de la morfología, para de esta forma comprender las estructuras involucradas, tanto en el depredador como en la presa en el momento de la interacción. Y por otra parte, la taxonomía del grupo, para de esta forma comprender las diferencias entre familias tanto de bivalvos como de gasterópodos.

→ Depredación por perforación y análisis de frecuencia: en este tópico, abordaremos en qué consiste la depredación por perforación, que características en el aparato bucal tiene un depredador, como ocurre el proceso de captura, rol ecológico de los depredadores y las presas, y por último, cómo diferenciar rastros o trazas dejados en los el exoesqueleto mineralizado de las presas.

→ Depredación por perforación y análisis de selectividad: dentro de este tópico, se encuentran las formas de selectividad de depredación, es decir la selectividad de taxón, la selectividad de sitio de orificio de perforación, la selectividad de tamaño de la presa y las métricas, fórmulas o métodos para calcular y estimar cada uno de los tipos de selectividad.

→ Tendencias y patrones de depredación: Dentro de este último tópico, encontramos todo el tema de análisis y graficación de la información, debido a que tanto la frecuencia como la selectividad, presentan mucha información y hay algunos tópicos que tienen un método que se seleccionó para fines de este trabajo, como es el caso de la selectividad de sitio de orificio de perforación, el cual para graficarse, se eligió el modelo sectorial donde se representa la concha del bivalvo y 3 posibles áreas donde se puede hallar el orificio.

## 9.3. Fase de revisión del material educativo por pares académicos

Es importante mencionar que al diseñar un material educativo propuesto para una población específica, hay algunos aspectos que se deben tener presentes durante el proceso de la elaboración de dicho material, debe ser verificado en varias ocasiones. Con el fin de que, tanto las temáticas como las actividades, vayan acordes a lo que se espera y por supuesto a los conocimientos previos de la población.

Por dicho motivo, se decidieron hacer dos revisiones del material por parte de pares académicos, es decir estudiantes de la Licenciatura en Biología de Universidad Pedagógica Nacional graduados o de últimos semestres, debido a su trayectoria como estudiantes, han vivenciado diversos espacios académicos a través de los cuales han obtenido diferentes habilidades y acercamientos a metodologías similares a las que se desarrollan en el material educativo.

## 9.4. Fase de correcciones y elaboración de propuesta final

Posterior a las revisiones por parte de los pares académicos, se procedió a realizar las respectivas correcciones en aspectos de contenido, estructurales y estéticos, a fin de elaborar una versión más precisa del material.

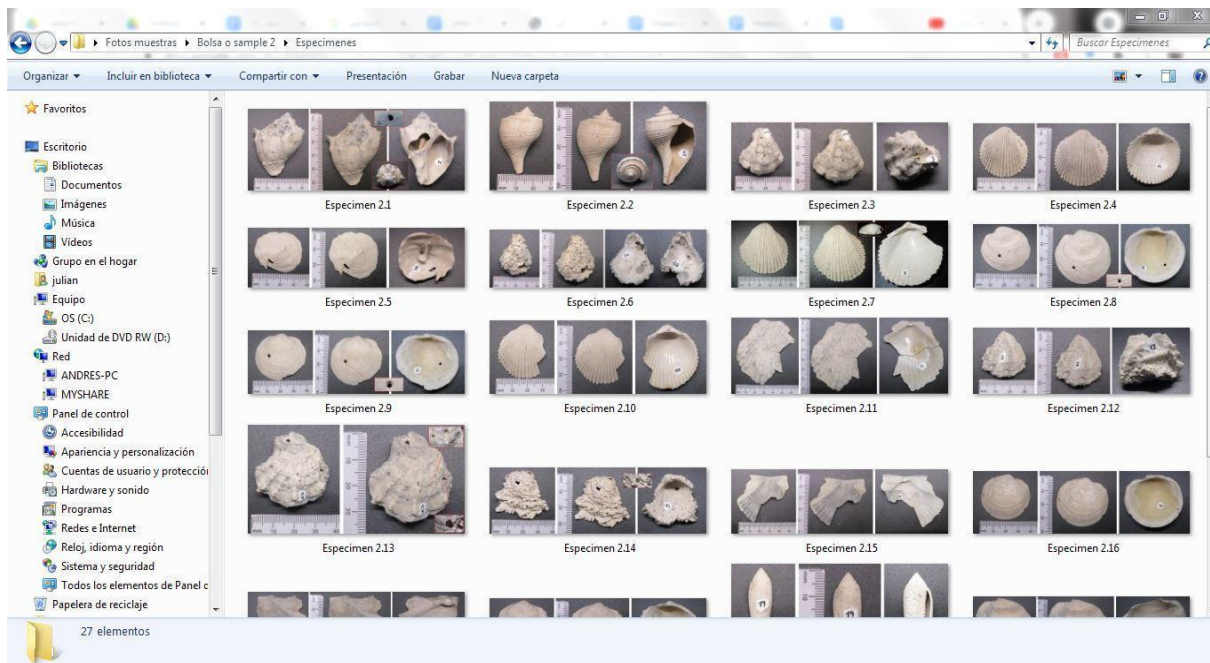
## 10. Resultados y análisis

Inicialmente, debemos mencionar que los resultados corresponden al proceso de diseño, revisión y corrección del material educativo, por lo que esta sección la dividiremos en los resultados individuales de cada fase o etapa del proceso de la siguiente manera:

### 10.1. Fase de revisión de base de datos de la curaduría

Esta fase consistió en realizar una revisión de la base de datos obtenida como resultado del proceso de curaduría de la muestra de moluscos fósiles de la Formación Tamiami (Estados Unidos). Esta revisión detalla cada uno de los 320 individuos registrados hasta la fecha, en la base de datos “drilling-predation 2020” (Anexo 3), destacando cada una de las variables registradas en la misma, tanto las cuantitativas (longitud, altura, ancho, diámetro del orificio de perforación) como las cualitativas (clasificación taxonómica, estado de conservación del espécimen, observaciones adicionales).

Cabe resaltar, que dentro de la base de datos, uno de los datos o evidencias que se recolectaron son las fotografías de los organismos (imagen 11), con la finalidad de que la base de datos fuera un material más completo, ya que con las fotografías se puede registrar el tipo de ornamentación de cada individuo de la muestra. Adicionalmente, las fotografías de los especímenes fósiles, son otra forma de aprovechar este recurso educativo ampliando los usos que puedan llegar a tener estos, pues son un insumo importante para cada una de las actividades que se planean.



**Imagen 11. Captura de pantalla.** Fotografías de los especímenes de la muestra de moluscos. Captura de pantalla por: Moreno A. (2021).

## 10.2. Fase de diseño de la propuesta educativa

Esta primera fase consistió en elaborar un primer boceto de la propuesta educativa, por lo que surgieron varias ideas, que con el paso del tiempo se fueron reformulando o descartando, acorde a lo que se pretende que la población escogida aprenda con respecto a la depredación por perforación en moluscos.

### Actividad 1. Encuesta diagnóstica

El estudiante participante de la actividad deberá desarrollar un cuestionario diagnóstico, con el fin de indagar los conocimientos previos que posee frente a las interacciones biológicas depredador-presa. A partir de preguntas abiertas, como de selección múltiple e incluso de asociación, teniendo en cuenta experiencias previas, conceptos que se relacionan, algunas metodologías, etc.

### Actividad 2. Taller de galería fotográfica - Generalidades de moluscos

La primera actividad, está diseñada para desarrollarse en grupos de 3 a 4 integrantes, en el que se realiza un taller introductorio que permita explicar a los estudiantes de primera mano conceptos sobre los representantes del Phylum Mollusca que se encuentran presentes en la muestra, por lo que el taller se dividirá en dos momentos:

1. Una explicación general, en esta primera actividad se usan algunas fotografías de los especímenes de la muestra de moluscos fósiles, con el fin de que sirvan de guía para identificar las principales estructuras que presentan tanto bivalvos como gasterópodos.
2. Un ejercicio de ilustración, en esta segunda actividad a partir de la explicación que se realizó, el estudiante deberá hacer ilustraciones de algunos de los representantes de los géneros que se encuentran en las muestras de moluscos fósiles, con ayuda de un tabla donde se diligenciará la información de estos organismos.

### Actividad 3. Laboratorio No. 1 - Depredación por perforación (introducción y análisis de frecuencia)

En esta actividad se aborda la temática de las interacciones ecológicas entre depredadores y presas que se dan entre algunos grupos de moluscos, centrándonos en la depredación por perforación, reconociendo los aspectos importantes de este tipo de depredación a través del uso de fotografías de los especímenes de la muestra de la Formación Tamiami.

Dentro de los tópicos que se incluyen en esta actividad, podemos destacar características de la depredación por perforación como: descripción del aparato bucal (rádula), métodos de captura de la presa, rol de tanto los depredadores como de las presas, diferencia de orificios de perforación originados por organismos depredadores y parásitos, y por último se abordará la intensidad de depredación, también conocida como frecuencia de depredación.

Por otra parte en esta sección se plantean las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Qué son fósiles traza - depredación?
- ¿Qué caracteriza a un depredador y a la presa? y ¿Qué papel cumplen estos en la interacción?
- ¿Cuales métricas son utilizadas para estimar la frecuencia de depredación?
- ¿Qué factores influyen en una alta o baja frecuencia de depredación?

#### **Actividad 4. Laboratorio No. 2 - Depredación por perforación (análisis de selectividad)**

En esta actividad se profundiza la temática de la depredación por perforación, centrándonos en la selectividad de depredación, aspecto que es ampliamente estudiado en investigaciones paleontológicas cuando se aborda el fenómeno de la depredación. A través del uso de fotografías de los especímenes de la muestra de moluscos de la Formación Tamiami, donde las observaciones de los estudiantes participantes tendrán un lugar importante como insumo para los análisis de patrones de depredación.

Dentro de los tópicos que se trabajan en esta actividad, podemos destacar las formas de selectividad de depredación, es decir la selectividad de taxón, la selectividad de sitio de orificio de perforación y la selectividad de tamaño de la presa.

Para esta actividad se plantean las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Qué factores son más llamativos para que los depredadores seleccionen a sus presas?
- ¿Algunas características morfológicas del espécimen influyen en la selección por parte de ciertos depredadores?
- ¿Existe una correlación del tamaño de la presa y el tamaño del depredador?

#### **Actividad 5. Taller análisis de patrones de depredación y consideraciones finales**

A partir de la información que se registra en las tablas, en esta última actividad a modo de cierre se socializa la experiencia del laboratorio a modo de diálogo entre los participantes comentando los hallazgos que tuvieron al trabajar con la muestra.

Para esto, los estudiantes participantes deberán formular hipótesis e indicar de qué forma graficaron los datos que obtuvieron, con el fin de confrontar sus habilidades como investigadores, además de otras consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de trabajar con fósiles y en especial cuando se estudian las interacciones depredador-presa.

Es importante decir, que el orden de las temáticas obedece al orden en que los tópicos se relacionan entre sí durante una investigación real, esto debido a que es un proceso en el cual unos conocimientos permiten continuar con el paso o actividad siguiente, logrando al finalizar todas las actividades del material educativo que los participantes tengan los conocimientos necesarios para desarrollar investigaciones y análisis paleoecológicos.

#### **10.3. Fase de revisión por pares académicos**

El ejercicio de revisión por pares académicos, surge de la necesidad de hacer una evaluación del material a fin de que sea acorde a la población, así mismo cumple su papel en términos pedagógicos, ya que se analiza si las actividades cumplen el objetivo que se plantea, es decir el aprendizaje de la depredación por perforación, a través de los análisis de las interacciones depredador-presa.

Por dicho motivo se realizan dos momentos de revisión del material educativo, por un grupo de 5 personas, las cuales hicieron el papel de pares académicos, revisando el material y sus actividades en términos de conocimiento biológico, manejo de conceptos previos, diseño de las actividades, redacción, entre otras categorías. Para fines de este trabajo y la organización de los datos de cada par académico, se propone asignarles un código de la siguiente manera:

Par académico 1= P1

Par académico 2= P2

Par académico 3= P3

Par académico 4= P4

Par académico 5= P5

### *Ira revisión por pares académicos*

Esta primera revisión se realizó del 20 al 30 de noviembre del año 2020, de forma virtual compartiendo los documentos “material educativo” y “fichas fotográficas” vía internet, donde cada par académico se encargó de revisar las actividades bajo dos preguntas orientadoras:

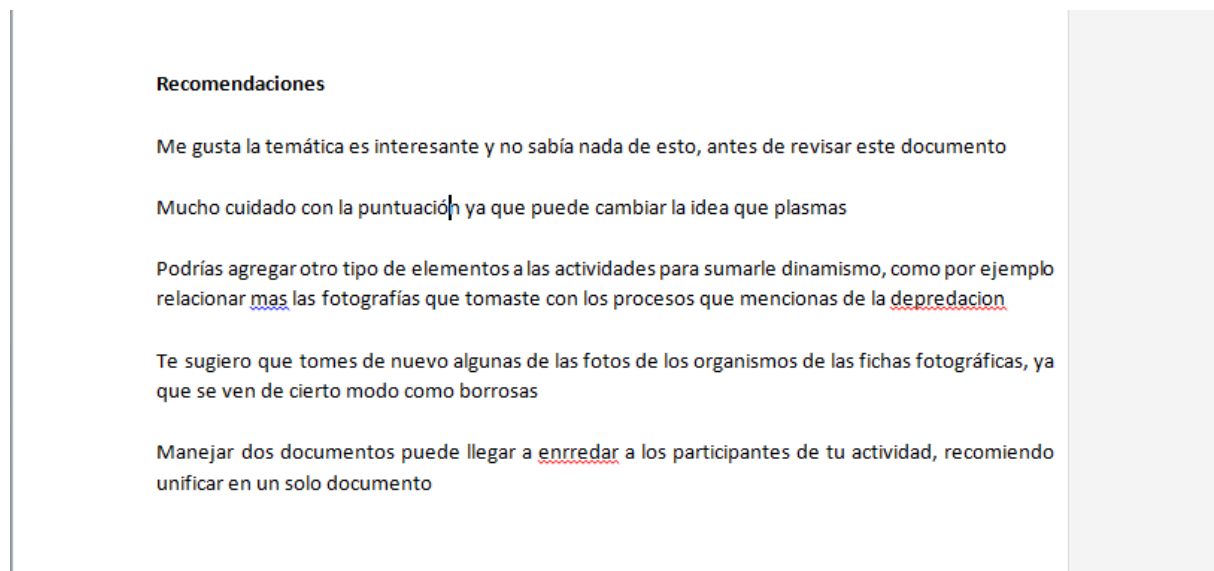
➤ ¿Si usted fuera el docente que debe utilizar e implementar dicho material, considera que el material podría manejarlo sin ninguna dificultad? ¿o presenta algún inconveniente y sugiere cambios?

➤ ¿Si usted fuera un estudiante que deba desarrollar este material educativo, considera que con el material y la información que contiene, podría desarrollar cada una de las actividades? ¿o presenta algún inconveniente y sugiere cambios?

A partir de estas preguntas orientadoras los pares académicos, deben analizar aspectos como: conocimiento biológico, manejo de conceptos previos, diseño de las actividades, redacción, coherencia, entre otros aspectos. A continuación, veremos algunos de los comentarios realizados:

Par académico 1

El cual hizo un total de 10 comentarios y correcciones al material, recomienda repetir algunas de las fotografías de los especímenes de la muestra, posiblemente se debe a que las fotografías iniciales de muestra, se realizaron con una cámara de luz casera, por lo que presentaba falencias como nitidez y brillo, dificultando el proceso de identificación de los especímenes y sus estructuras (imagen 12) .



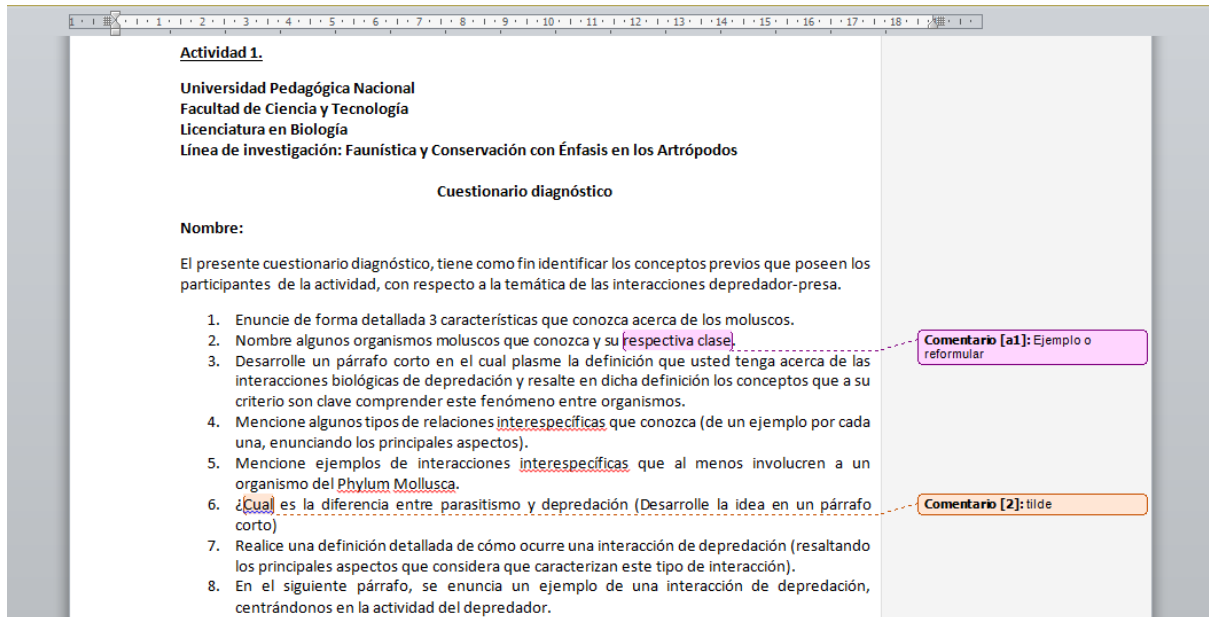
**Imagen 12. Recomendaciones de P1.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

De igual forma este par académico al igual que los que siguen a continuación, resaltan la importancia de párrafos explicativos para cada actividad y anexo que haga parte del material, esto debido

a que según P1 “el material educativo, en esta versión que se presenta, depende de la presencia del propio autor para desarrollar en algunas de las actividades”. Esto quiere decir que en este material debe incluirse mayor información por escrito dentro de la parte teórica, de ser posible a modo de introducción con el fin de que el lector tenga un abre bocas y pueda comprender el sentido de las actividades.

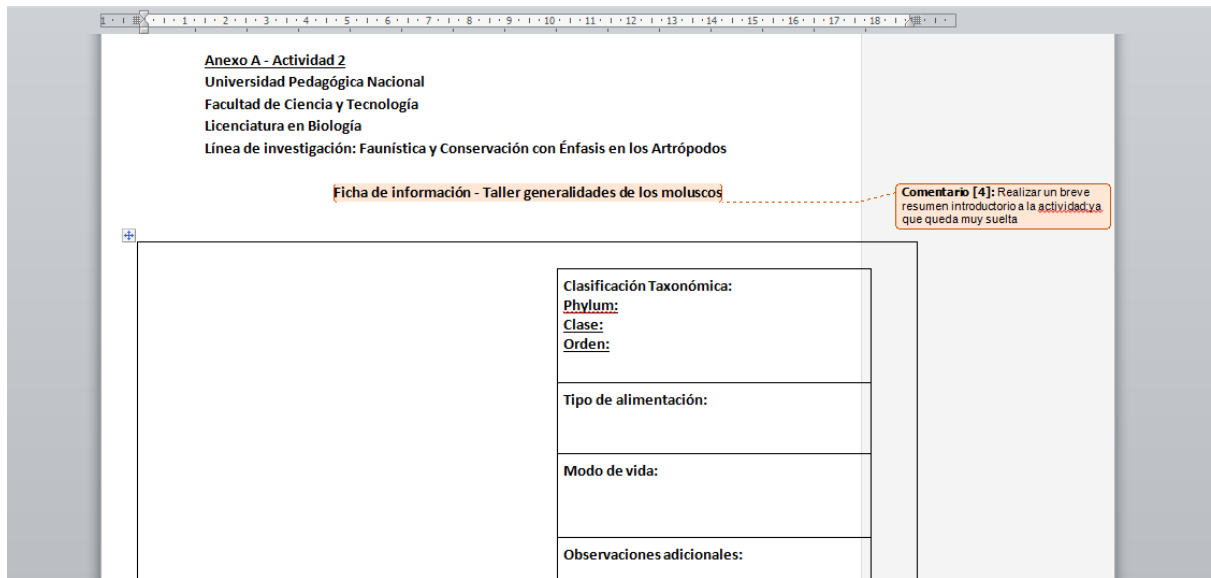
Par académico 2

El cual hizo un total de 10 comentarios y correcciones al material, aportó comentarios acerca de la coherencia, cohesión y sintaxis de los enunciados de las actividades propuestas, además de recordar la importancia de tildes y puntuación correcta (imagen 13).



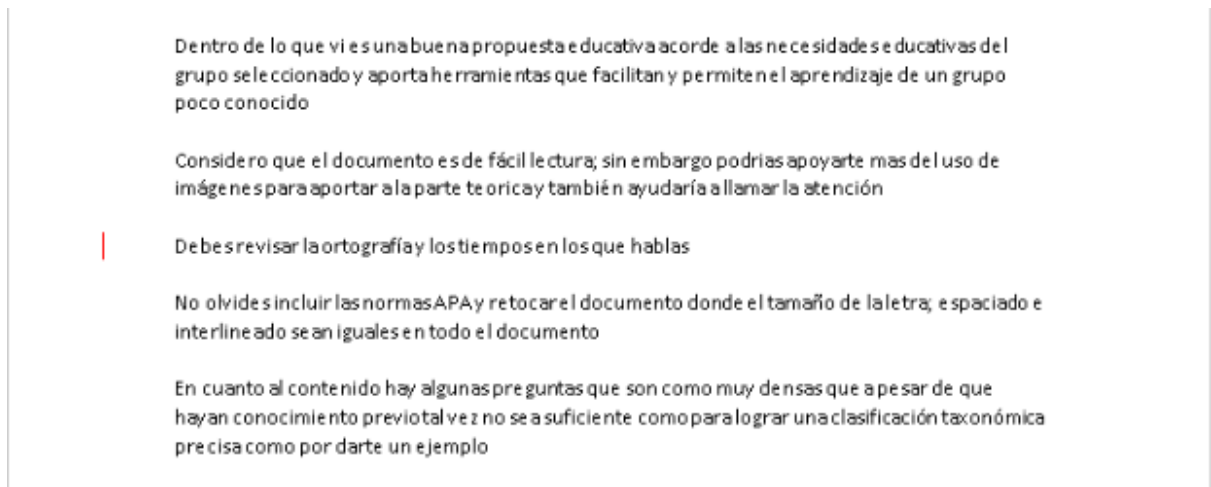
**Imagen 13. Ejemplo de comentarios P2.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

Otro aspecto que menciona P2, es la importancia de enunciados explicativos en algunas partes del material educativo (imagen 14), puesto que permite que el lector el sentido cronológico de los puntos de las actividades y laboratorios, de esta forma comprenderá el desarrollo óptimo y preciso de los tópicos.



**Imagen 14. Ejemplo de comentarios P2.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

Como recomendaciones finales, P2 sugiere complementar algunas de las actividades del material educativo (imagen 15), incluyendo información complementaria con respecto a la muestra de fósiles, así como imágenes que aporten a la parte teórica de las actividades. Además, de recalcar la importancia de normas APA, y de unificar el documento en el mismo formato como tamaño de letra, espaciado e interlineado



**Imagen 15. Recomendaciones finales de P2.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

Par académico 3

El cual hizo un total de 9 comentarios y correcciones al material, dicho par académico, realizó sugerencias en términos del contenido de las actividades educativas, en concordancia a los objetivos que se planteaban por actividad (imagen 16), esto es importante ya que la primera versión del documento,

plantea objetivos del material educativo en general y objetivos por actividad, lo cual en ocasiones se puede generar confusiones.

**Departamento de Biología**  
**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**  
**Autor: Andres Felipe Moreno**

**Propuesta para la enseñanza de la interacciones biológicas depredador-presa utilizando asociaciones de moluscos fósiles**

**Población:** Estudiantes del DBI de cuarto semestre o sexto semestre  
**Duración:** 5 sesiones de entre 1 hora y 2 horas cada una

**Objetivos**

**Objetivo general**

- Reconocer nuevas metodologías utilizadas en los estudios paleoecológicos de las interacciones biológicas entre depredadores y presas de organismos moluscos.

**Objetivos específicos**

- Identificar algunos de los principales grupos de moluscos que presentan la depredación por perforación.
- Desarrollar una metodología que permita evidenciar patrones en interacciones de depredación por perforación.

El presente documento ilustra la metodología que se aborda para trabajar la temática de depredación por perforación, en el caso de esta propuesta educativa se pretende dar una aproximación a este tipo de técnicas, que pese a no tener una amplia línea de trabajo dentro del

**Comentario [J1]:** Identificar es un sinónimo de reconocer, entonces hace que sea parecido al objetivo general

**Comentario [J2]:** ¿Por qué solo dos objetivos? Debería tener tres para un mejor desarrollo

**Imagen 16. Ejemplo de comentarios P3.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

Un aspecto que se comparte con P2, son los comentarios en torno a la coherencia, cohesión y sintaxis de los enunciados de las actividades propuestas (imagen 17), dichos comentarios pueden variar entre pares académicos de acuerdo a aspectos, como por ejemplo, la puntuación.

1. Una explicación general, en esta primera actividad se utilizarán algunas fotografías de los especímenes de la muestra de moluscos fósiles, con el fin de que sirvan de guía para identificar las principales estructuras que presentan tanto bivalvos como gasterópodos.

2. Un ejercicio de ilustración, en esta segunda actividad a partir de la explicación que se realizó, el estudiante deberá hacer ilustraciones de algunos de los representantes de los géneros que se encuentran en las muestras de moluscos fósiles, con ayuda de un tabla donde se diligenciará la información de estos organismos.

- Actividad 3. Laboratorio No. 1 - Depredación por perforación (introducción y análisis de frecuencia)**

En esta actividad se abordará la temática de las interacciones ecológicas entre depredadores y presas que se dan entre algunos grupos de moluscos, centrándonos en la depredación por perforación, reconociendo los aspectos importantes de este tipo de depredación a través del uso de fotografías de los especímenes de la muestra de la Formación Tamiami.

Dentro de los tópicos que se trabajarán en esta actividad, podemos destacar características de las depredación por perforación, como descripción del aparato bucal (rádula), métodos de captura de la presa, rol de tanto los depredadores como de las presas, diferencia de orificios de perforación originados por organismos depredadores y parásitos, y por último se abordará la intensidad de depredación, también conocida como frecuencia de depredación.

Por otra parte en esta sección se plantean las siguientes preguntas orientadoras:

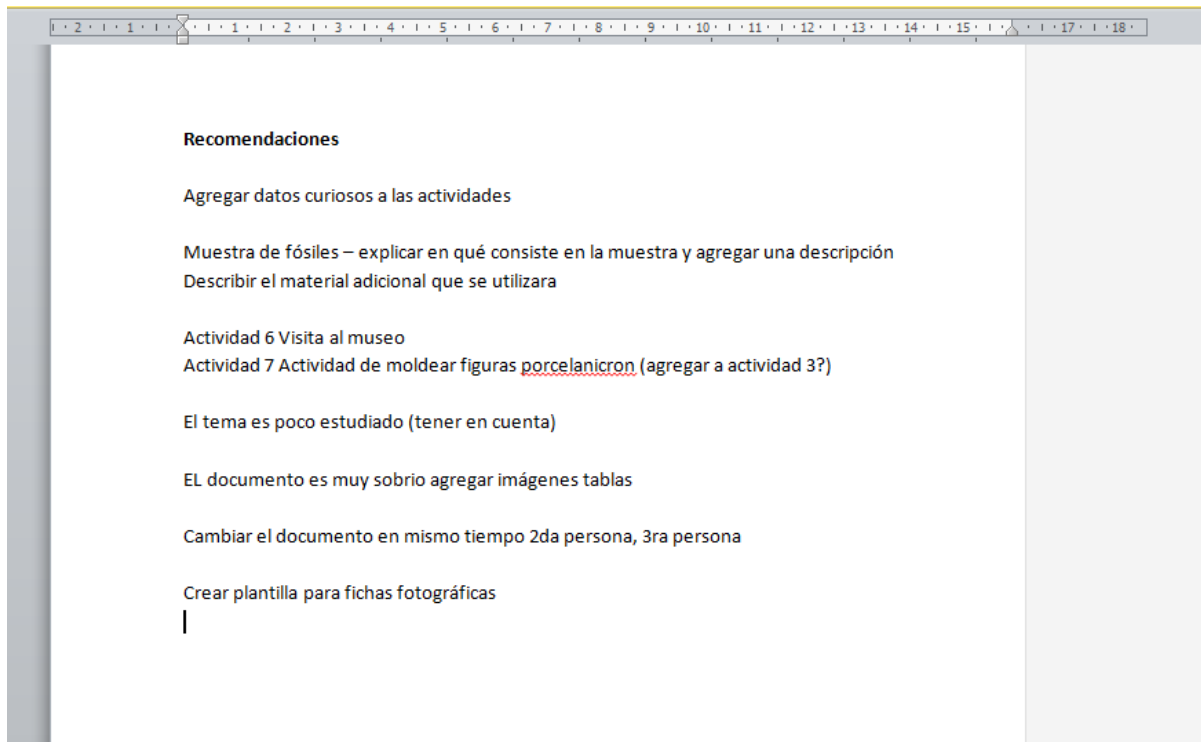
**Comentario [J4]:** Tener en cuenta el tiempo de esta actividad, ya que un dibujo lleva tiempo

**Comentario [J5]:** Tener presente el tiempo para cada actividad

**Imagen 17. Ejemplo de comentarios P3.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

Como recomendaciones finales, P3, al igual que otros pares académicos sugirió que se complementen algunas de las actividades del material educativo (imagen 18), incluyendo información complementaria con respecto a la muestra de fósiles. Así mismo, recomendó tener en cuenta que el tema de la depredación por perforación es un tema relativamente nuevo de implementar en el Departamento de

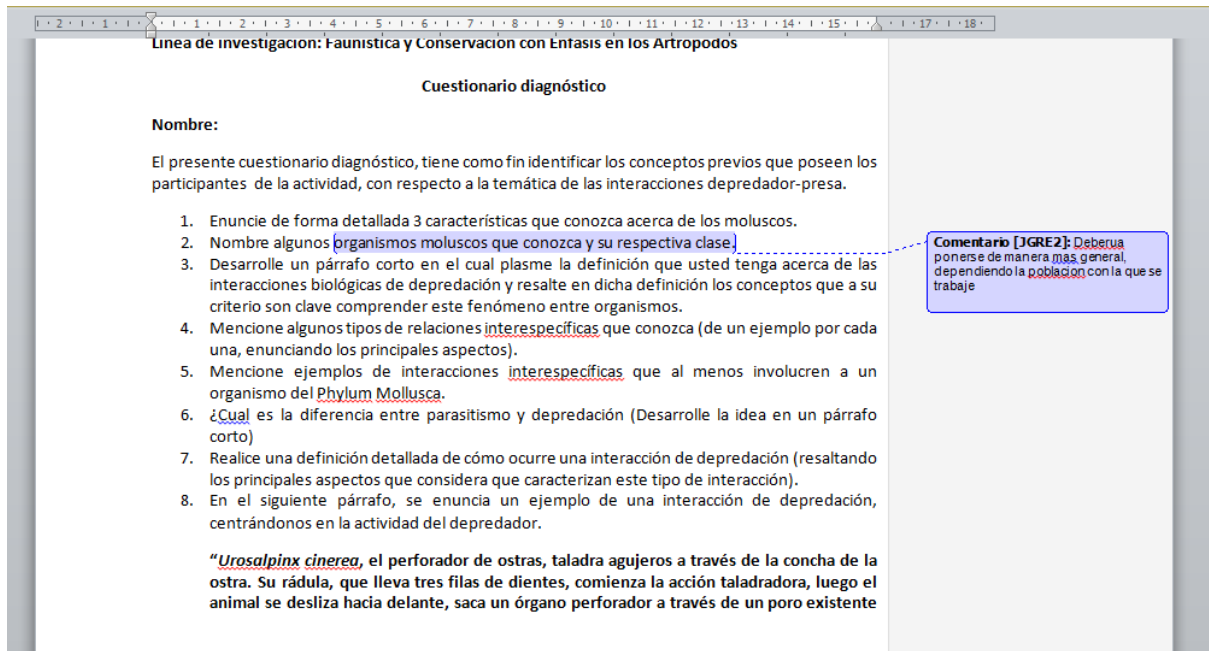
Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, por lo que el seguimiento del paso a paso es importante para continuar con la línea temática.



**Imagen 18. Recomendaciones finales de P3.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno, A. (2021).

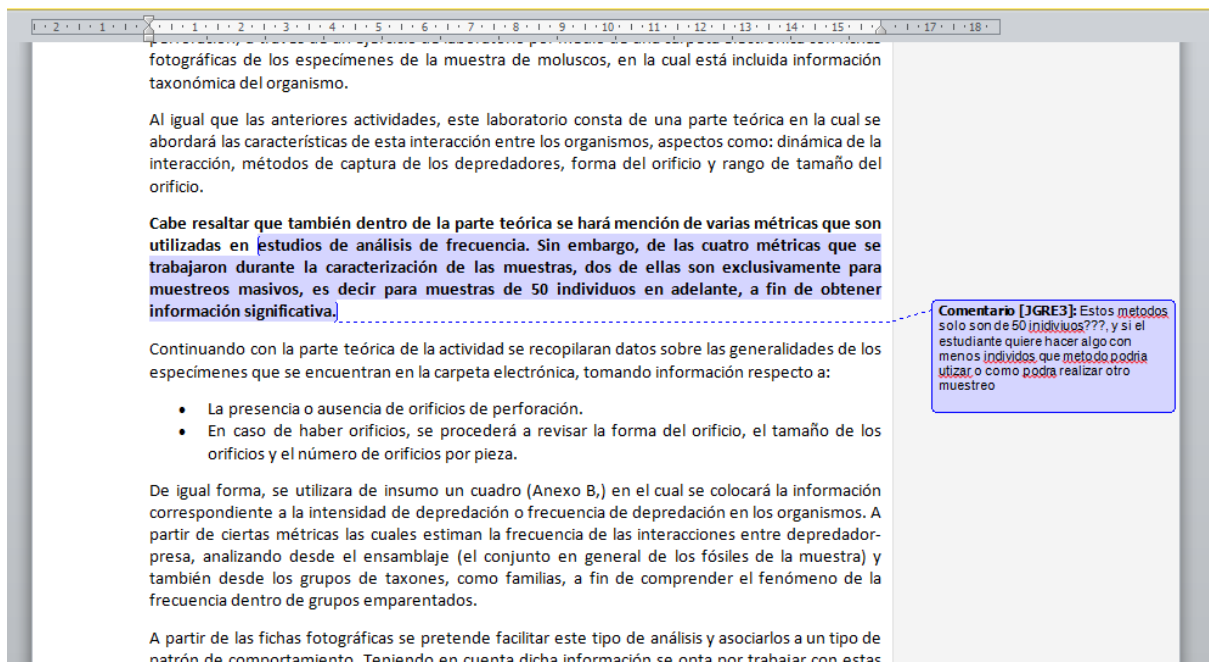
Par académico 4

El cual hizo un total de 9 comentarios y correcciones al material, dicho par académico, realizó comentarios que abarcan la relación entre los temas de las actividades y la población a la que va dirigida la actividad (Imagen 19), cabe resaltar que dichos comentarios surgen a partir de lo que manifiesta como “una temática nueva” por lo que es importante ver qué contenidos se planean desarrollar con esta población y por supuesto las actividades en términos metodológicos.



**Imagen 19. Ejemplo de comentarios P4.** Captura de pantalla, realizada por: Moreno, A. (2021).

Otro tipo de comentarios realizados por P4, corresponden con la falta de párrafos que complementen las actividades, generando de cierto modo una dificultad en términos procedimentales, para la resolución de las actividades (Imagen 20).



**Imagen 20. Ejemplo de comentarios de P4.** Captura de pantalla tomada por: Moreno, A. (2021).

Por último, menciona la importancia de relacionar los datos con respecto a la muestra que se usarán en cada una de las actividades (Imagen 21). Debido a que se escoge un número específico de

individuos, no obstante, permite reflexionar sobre la importancia del lenguaje y de mencionar estos puntos con el fin de evitar errores conceptuales.

1. Frecuencia de ensamblaje (AF): resultados de los 4 integrantes del grupo

2. Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF): resultados conjuntos de los 8 integrantes del grupo

3. Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX): resultados conjuntos de los 8 integrantes del grupo

**Comentario [JGRE4]:** Al final cuantas personas van a realizar el taller, se dice que son grupos de 3 o 4 pero en ningún momento, se especifica que se unan para registrar estos resultados

**Comentario [JGRE5]:** Esto no se nombra, sino hasta acá

**Imagen 21. Ejemplo de comentarios de P4.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno. A., (2021).

Par académico 5

El cual hizo un total de 10 comentarios y correcciones al material, dicho par académico al igual que los anteriores pares recalca la importancia de una citación adecuada de las fuentes, lo que va de la mano con aspectos como la puntuación y tildes, puesto que en ocasiones la falla de uno de los elementos, puede provocar que el lector llegue a malinterpretar la información.

Así mismo, aporta con la sugerencia de incluir la galería fotográfica dentro del documento a modo de mejorar la lectura de la persona participante (Imagen 22), a raíz de esto menciona también que la inclusión de imágenes pueden mejorar la lectura del documento.

#### Recomendaciones

Es interesante la temática, me interesaría participar en las actividades cuando se implemente.

Importante! mucho cuidado con la puntuación y las tildes, ya que puede cambiar la intención del mensaje

Sugiero que agregues la galería fotográfica en el mismo documento, de esta forma la lectura fluye de mejor forma

Debes citar adecuadamente, ya que en ocasiones la cita del autor se puede llegar a confundir con la idea que estas mencionando

Considero que debes complementar con imágenes (fotografías o imágenes de autores) para explicar algunas de las evidencias que nombras

**Imagen 22. Recomendaciones de P5.** Captura de pantalla, tomada por: Moreno. A., (2021).

#### Con respecto a la revisión de pares académicos

Dicha revisión ocurre en dos momentos, una revisión del documento y una socialización con el par académico en donde el par manifiesta los puntos positivos, negativos y por mejorar, ante esto, algunos de los pares académicos, manifiestan que algunos de los conocimientos previos en términos biológicos

que son requisito para desarrollar las actividades, pueden variar o incluso puede depender de la población, ya que si su formación académica fue por otra línea de conocimiento, diferente a la paleontología o a la zoología, probablemente necesiten revisar dichos temas para reforzar las bases de este conocimiento.

Cabe mencionar que tanto P1 como P5, pudieron realizar algunas de las correcciones en simultáneo con el autor del material educativo, debido a la posibilidad de tiempos disponibles en común, este aspecto facilitó el diálogo de los comentarios y correcciones que se realizaron dichos pares académicos.

#### *2da revisión por pares académicos*

Esta revisión consistió de forma más informal cabe mencionar que en esta solo 3 personas del grupo de pares académicos, manifestó contar con el tiempo para una revisión adicional del material.

#### ❖ Fase de correcciones y elaboración de propuesta final

Esta fase consistió en el diseño de las actividades educativas que hacen parte de la propuesta educativa final (Anexo 4), estas seis actividades son:

- Un cuestionario diagnóstico.
- Laboratorio sobre generalidades de moluscos.
- Laboratorio sobre identificación de orificios de perforación.
- Laboratorio sobre análisis de la frecuencia de la depredación.
- Laboratorio sobre análisis de la selectividad de depredación.
- Taller análisis de patrones de depredación.

Cabe resaltar que el orden de las temáticas en las actividades, fue a partir de la metodología implementada por Rojas, A., Hendy, A., & Dietl, G. P. (2015) en su investigación con respecto a la perforación de borde realizada por gastrópodos de la especie *Notocochlis unifasciata*. Otra fuente relevante para la elaboración de algunas de las actividades propuestas, las cuales se formularon siguiendo las sugerencias y consideraciones finales hechas por Kelley & Visaggi (2012) en su experiencia dictando un curso de paleontología de invertebrados de la Universidad de Carolina del Norte Wilmington.

## **11. Consideraciones Finales**

El investigador tiene de cierto modo una influencia en los resultados de las investigaciones que realiza, esto debido a que en estudios que requieren de un alto grado de precisión por parte del investigador, dependerá de él, en términos metodológicos la calidad de los datos que éste obtendrá.

El uso de fuentes bibliográficas de un idioma diferente al que se usa habitualmente, puede constituir un reto en términos del proceso de traducción, ya que se requiere de la aplicación correcta del lenguaje. Sin embargo, constituye un ejercicio que permite el desarrollo habilidades de lectura y escritura que favorecen al investigador, permitiéndole superar las barreras del lenguaje.

La presencia de ciertos instrumentos como una cámara fotográfica, cámara de luz y calibrador o pie de rey, son decisivos para recopilar mejores datos, puesto que la precisión que aportan dichos instrumentos permiten que tanto la información como las evidencias puedan ser de utilidad en este y futuros proyectos.

El proceso de tamizaje, puede ser en ocasiones un factor que influye en la conservación de los especímenes de las muestras del material fósil que se desea estudiar, debido a que algunas piezas se pueden romper con mucha facilidad, dejando de ser una pieza como tal y pasando a ser fragmentos, los cuales son más difíciles de analizar, impidiendo la recopilación de datos precisos.

Si se registra un evento de depredación solo en uno de los elementos de la concha (valvas), entonces la probabilidad de encontrar evidencia de depredación (preservada por un solo elemento desarticulado) es menor que la probabilidad de encontrar presas (representada por cualquiera de sus elementos), esto debido a que es difícil hallar individuos que presenten y conserven ambas valvas al momento de enterrarse y fosilizarse. Además de que algunas especies de caracoles carnívoros tienen preferencia de perforar una valva en específico, por lo que la ausencia de esta evidencia para un elemento, no descarta del todo que el organismo haya sido depredado, ya que la evidencia se puede encontrar en el otro elemento o valva faltante.

La propuesta educativa al ser diseñada para una población específica, puede llegar a tener dificultades al momento de implementarse, ya que debido a la temática y a los conocimientos previos que requiere para desarrollar las actividades propuestas, se requiere de un perfil académico para desarrollarse.

El lenguaje es un punto importante al diseñar materiales educativos, puesto que con un uso incorrecto de él, puede provocar que el lector del material caiga en errores conceptuales y más teniendo en cuenta que se trata de un material con fórmulas matemáticas, las cuales pueden generar información relevante para las investigaciones.

## 12. Bibliografía

Bengtson, S. (2002). Origins and early evolution of predation. *The Paleontological Society Papers*, 8, 289-318.

Brusca, R., & Brusca, J. (2005). *Invertebrados* (segunda edición). Mc Grawhill Interamericana

Calonge García, A., Bercial, M. T., Sánchez, J. G., García, A. C., & Carrillo, M. D. L. (2003). El uso didáctico de los fósiles en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Pulso: revista de educación*, (26), 117-128.

Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismes i sistemes*, 57-64.

Camacho, H. (2007). Los Invertebrados fósiles. Fundación de Historia Natural Félix de Azara: Universidad Maimónides. 2007. P. 800.

Casey, M. & Lieberman, B. (2014). Beyond memorization: an intermediate-level paleontology activity that integrates anatomy, ecology, and macroevolutionary theory using trilobites. *Evolution: Education and Outreach*. 7. 20. 10.1186/s12052-014-0020-5.

Castaño Araque, G. (2011) “*Aspectos de la historia de los dinosaurios como estrategia pedagógica en la enseñanza de algunos conceptos relacionados con la teoría de la evolución*”. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia.

Castro Ayala, C. & Gil Acosta, M. (2013). Juventud paleontológica: en busca de lo perdido. reconociendo y valorando el patrimonio paleontológico de floresta-boyacá. Bogotá.

Duarte, S. G., Arai, M., Passos, N. Z. G., & Wanderley, M. D. (2016). Paleontologia no ensino básico das escolas da rede estadual do Rio de Janeiro: uma avaliação crítica. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39(2), 124-132.

García Rodríguez, V. M. (2015). *Estrategia didáctica para la enseñanza de fósiles hallados en Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).

Gómez-Espinosa, C., Gíó-Argáez, R., & Carreño de la Vega, M. (2015). Estado del conocimiento de la durofagia en el registro fósil: interacción depredador-presa en moluscos marinos (Clases Gastropoda y Bivalvia). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 18(1), 61-70. Recuperado en 17 de abril de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2015000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2015000100006&lng=es&tlng=es).

Hickman, C. P., Roberts, L. S. and Larson, A. (2000). *Animal Diversity*. Second Edition. McGraw-Hill Companies, USA

Jessup, M. N. J. C. (1998). Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (3).

Kelley, P. H., & Visaggi, C. C. (2012). Learning paleontology through doing: Integrating an authentic research project into an invertebrate paleontology course. *The Paleontological Society Special Publications*, 12, 181-198.

Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

Lane E. (1994). Florida's Geological history and geological resources. Tallahassee, Florida. Florida Geological Survey.

Moreno-Ayala, A. (2018). Una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de las interacciones biológicas (depredador-presa) basados en el registro fósil, con estudiantes de grado noveno del I. E. Hector Julio Rangel Quintero. Bogotá, Colombia.

Pinedo, A. C. & Casallas, J. M. (2020). *Estrategias de depredación de los reptiles marinos del Cretácico colombiano*.. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/13187>.

Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en psicología*, 23(1), 9-17.

Rojas, A. & Moreno-Ayala, A. (2020). Base de datos *Drilling\_predation 2020*. Museo de Historia Natural de la Universidad Pedagógica Nacional (MHN-UPN). Bogotá, Colombia.

Rojas, A., Hendy, A., & Dietl, G. P. (2015). Edge-drilling behavior in the predatory gastropod *Notocochlis unifasciata* (Lamarck, 1822)(Caenogastropoda, Naticidae) from the Pacific coast of Panama: taxonomic and biogeographical implications. *Vita Malacologica*.

Sampieri, C., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (1991). Metodología de la investigación. McGraw-Hill, México.

Scott, T.M., Campbell, K.M., Rupert, F.R., Arthur, J.D., Missimer, T.M., Lloyd, J.M., Yon, J.W., and Duncan, J.G., (2001). Geologic Map of the State of Florida, Florida Geological Survey & Florida Department of Environmental Protection, Map Series 146, scale 1:750,000.

Torres R., & García S., M. (1998). Los estudios faunísticos y de bioprospección en la educación de los colombianos. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (4).

### 13. Webgrafía

Colección paleontología de invertebrados del Museo de la Florida. Recuperada de: <http://specifyportal.flmnh.ufl.edu/ip/>

## 14. ANEXOS

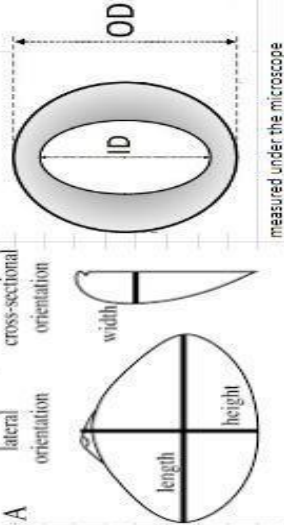
### 14.1 Anexo 1.



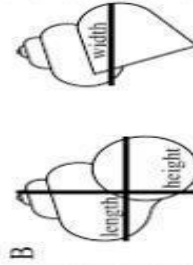
| A         | B           | C              | D     | E             | F                 | G           | H           | I             | J                             | K                             | L                    | M        | N            |
|-----------|-------------|----------------|-------|---------------|-------------------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|--------------|
| sample id | specimen id | morphospecies  | order | species name  | preserved element | length (mm) | height (mm) | drilled (y/n) | drillhole inner diameter (mm) | drillhole outer diameter (mm) | taphonomic categorie | Image id | observations |
| 1         | 1           | gastropod sp 1 | G     | —             | shell             | 10          | 15          | y             | —                             | 3                             | complete             |          |              |
| 2         | 2           | bivalve sp1    | B     | Plicatula sp. | lef valve         | 40          | 40          | n             | —                             | —                             | fragment             |          |              |
| 1         | 3           | bivalve sp1    | B     | —             | conjoined shell   |             |             |               |                               |                               |                      |          |              |
| 1         | 4           | gastropod sp 2 |       |               |                   |             |             |               |                               |                               |                      |          |              |
| 2         | 5           |                |       |               |                   |             |             |               |                               |                               |                      |          |              |
| 1         | 6           |                |       |               |                   |             |             |               |                               |                               |                      |          |              |

Orders:  
Gastropods: G  
Bivalves: B

preserved element:  
shell  
opercula  
right valve  
left valve  
conjoined shell



taphonomic categories (% of shell preserved):  
Fragment: 0 - 25  
Incomplete: 50  
Moderately complete: 50 - 75  
Complete: 75 - 100



**Anexo 2. Tabla para la organización de la información:** con respecto a las interacciones biológicas (depredador-presa) en moluscos fósiles por depredación por perforación. Adaptada por: Rojas A.(2019).

**Anexo 3.**

| name     | E              | F         | G                 | H               | I           | J          | K             | L                             | M                            |
|----------|----------------|-----------|-------------------|-----------------|-------------|------------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
| family   | order          | class     | preserved element | length (mm)     | height (mm) | width (mm) | drilled (y/n) | drillhole inner diameter (mm) |                              |
| nele sp. | Semellidae     | Cardida   | B                 | right valve     | 42.1        | 36.7       | 13.05         | n                             | —                            |
| nele sp. | Semellidae     | Cardida   | B                 | left valve      | 39.3        | 35.4       | 11            | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | right valve     | 31.3        | 33         | 13.6          | n                             | —                            |
| isca sp. | Tellinidae     | Cardida   | B                 | left valve      | 30.9        | 36         | 11.1          | n                             | —                            |
| aria sp. | Veneridae      | Cardida   | B                 | right valve     | 46.1        | 44.6       | 12.7          | n                             | —                            |
| nele sp. | Semellidae     | Cardida   | B                 | left valve      | 43.7        | 41.8       | 14.4          | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | left valve      | 31.05       | 32.5       | 7.8           | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | left valve      | 27.2        | 31.3       | 11.1          | y                             | 0.6                          |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | right valve     | 28.3        | 30         | 6.1           | n                             | —                            |
| sea sp.  | Gryphaelidae   | Ostreoida | B                 | valve           | 29.2        | 29         | 5.7           | y                             | 1.2 (modificado por erosión) |
| ena sp.  | Ostreidae      | Ostreoida | B                 | left valve      | 31.7        | 41.7       | 12.9          | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | right valve     | 29.9        | 22.1       | 9.9           | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | right valve     | 31.8        | 30         | 6.2           | n                             | —                            |
| ma sp.   | Cardidae       | Cardida   | B                 | left valve      | 40          | 42.6       | 12.1          | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | left valve      | 31.3        | 33.2       | 17.3          | y                             | 1.9                          |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | conjoined shell | 26.9        | 28         | 17.5          | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | conjoined shell | 23.2        | 25.4       | 9.1           | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | conjoined shell | 32.7        | 31         | 19.4          | n                             | —                            |
| tula sp. | Plicatulidae   | Ostreoida | B                 | conjoined shell | 30.7        | 32.7       | 16            | y                             | 1.3                          |
| hus sp.  | Crassatellidae | Veneroida | B                 | left valve      | 41.6        | 27.4       | 9.3           | n                             | —                            |

| name     | E             | F               | G                 | H               | I           | J          | K             | L                             | M   |
|----------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------|------------|---------------|-------------------------------|-----|
| family   | order         | class           | preserved element | length (mm)     | height (mm) | width (mm) | drilled (y/n) | drillhole inner diameter (mm) |     |
| tula sp. | Plicatulidae  | Ostreoida       | B                 | right valve     | 29.7        | 27.7       | 8.4           | y                             | 0.8 |
| lara sp. | Arcidae       | Arcoida         | B                 | right valve     | 50.2        | 28         | 12.6          | n                             | —   |
| aria sp. | Veneridae     | Veneroida       | B                 | left valve      | 46.6        | 36.6       | 11.7          | y                             | 2.5 |
| aria sp. | Veneridae     | Veneroida       | B                 | right valve     | 36.7        | 42         | 16            | y                             | 2.7 |
| aria sp. | Veneridae     | Veneroida       | B                 | right valve     | 62.3        | 43         | 19.7          | y                             | —   |
| aria sp. | Veneridae     | Veneroida       | B                 | left valve      | 75.2        | 67.1       | 18.5          | y                             | 4.9 |
| nele sp. | Plicatulidae  | Ostreoida       | B                 | left valve      | 30.2        | 34.4       | 19.7          | n                             | —   |
| nele sp. | Semellidae    | Cardida         | B                 | left valve      | 43.3        | 55         | 19.3          | n                             | —   |
| lara sp. | Arcidae       | Arcoida         | B                 | right valve     | 39.6        | 25.6       | 7.1           | n                             | —   |
| gura sp. | Melongenidae  | Neotaeniolossia | G                 | shell           | 42          | 52.2       | 28.9          | y                             | 3.3 |
| ella sp. | Melongenidae  | Neotaeniolossia | G                 | shell           | 23.8        | 37.2       | 18.7          | n                             | —   |
| tula sp. | Plicatulidae  | Ostreoida       | B                 | conjoined shell | 28.8        | 30         | 20            | n                             | —   |
| rdia sp. | Cardidae      | Cardida         | B                 | valve           | 38.5        | 39.3       | 13.5          | n                             | —   |
| sea sp.  | Calyptraeidae | Neotaeniolossia | G                 | shell           | 34.5        | 28.8       | 11.2          | n                             | —   |
| tula sp. | Plicatulidae  | Ostreoida       | B                 | right valve     | 26.9        | 34.6       | 18.6          | n                             | —   |
| tula sp. | Plicatulidae  | Ostreoida       | B                 | left valve      | 26.9        | 34.6       | 18.6          | n                             | —   |
| rdia sp. | Cardidae      | Cardida         | B                 | valve           | 47.3        | 47.7       | 15.4          | n                             | —   |
| nele sp. | Semellidae    | Cardida         | B                 | left valve      | 37.7        | 34.7       | 10.9          | y                             | 1.3 |
| nele sp. | Semellidae    | Cardida         | B                 | right valve     | 38.9        | 35.3       | 10.1          | y                             | 1.6 |
| rdia sp. | Cardidae      | Cardida         | B                 | valve           | 30.7        | 35.2       | 11.7          | n                             | —   |
| cten sp. | Pectinidae    | Ostreoida       | B                 | valve           | 46.6        | 69.6       | 6             | n                             | —   |

**Anexo 3. Base de datos Drilling-predation 2020.** Captura de pantalla de la tabla de la información con respecto a las interacciones biológicas (depredador-presa) en moluscos fósiles por depredación por perforación. Modificada por: Moreno A. (2020).

#### **Anexo 4.**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Departamento de Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

**Autor: Andrés Felipe Moreno Ayala**

**Intervención paleontológica: material educativo para la enseñanza de la depredación por perforación a partir de una muestra de moluscos fósiles**

**Población:** Estudiantes del DBI de Cuarto o Sexto semestre

**Duración:** 5 sesiones de 1 hora a 2 horas cada una

#### **Objetivos**

##### **Objetivo general**

- Reconocer algunas metodologías utilizadas en los estudios paleoecológicos de la depredación por perforación en moluscos.

##### **Objetivos específicos**

- Identificar algunos de los principales grupos de moluscos que tienen evidencias de depredación por perforación.
- Reconocer las trazas de depredación por perforación de otros rastros encontrados en las conchas de los moluscos fósiles
- Estimar la frecuencia y la selectividad de depredación en la muestra de moluscos fósiles de la Formación Tamiami

El presente documento describe la metodología que se aborda para trabajar la temática de depredación por perforación, esta propuesta educativa es una aproximación a este tipo de técnicas, siendo una oportunidad para difundir y brindar a los docentes en formación nuevas herramientas para la generación de nuevos conocimientos, además de fortalecer su formación en áreas como la paleontología, pese a que no hay una amplia línea de trabajo sobre el tema en el DBI.

Esta propuesta educativa, se diseñó a partir de una revisión previa de una muestra de moluscos fósiles, material donado a la UPN y provienen de la Formación geológica Tamiami, ubicada en el sur del estado de la Florida (EE.UU), dicha muestra en su mayoría está conformada por organismos marinos del Phylum Mollusca, básicamente gasterópodos y bivalvos, que son especímenes de gran interés para este tipo de estudios paleoecológicos.

Debido a que los bivalvos y algunos gasterópodos de la muestra, presentan evidencias o trazas de depredación por perforación (un tipo de depredación que ocurre en moluscos), efectuada por caracoles carnívoros, los cuales como su nombre lo indica dejan un orificio en la concha o el exoesqueleto de sus

presas. A partir de las características del orificio se pueden establecer diversos aspectos biológicos y ecológicos.

La presente propuesta educativa consta de 5 momentos de intervención que ayudarán a consolidar este ejercicio de experimentación y aproximación a las metodologías aplicadas en paleontología. De este modo:

### **Actividad 1.**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

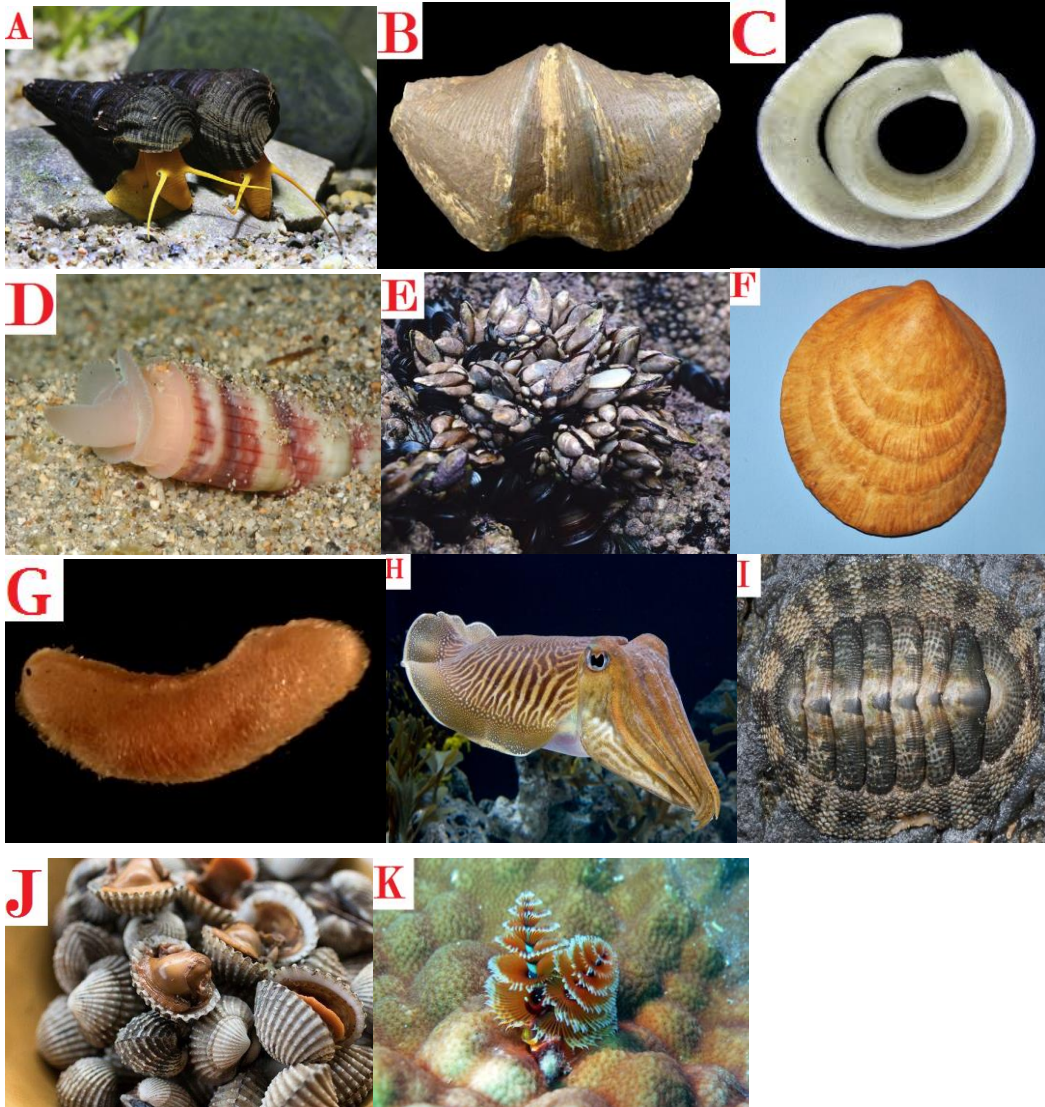
**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

### **Cuestionario diagnóstico**

#### **Nombre:**

El presente cuestionario diagnóstico, tiene como fin identificar los conceptos previos que poseen los participantes de la actividad, con respecto a la temática de las interacciones depredador-presa entre moluscos, a fin de encaminarnos lentamente en el método de depredación por perforación.

1. Enuncie 3 características que conozca acerca de los moluscos.
2. Observe las siguientes imágenes de organismos y responda ¿Cuáles de los siguientes organismos considera usted que pertenecen al Phylum Mollusca? (puede ser más de uno).



3. Mencione algunos tipos de relaciones interespecíficas que conozca (de un ejemplo por cada una, enunciando los principales aspectos).
4. A partir de los siguientes ejemplos, describa cómo ocurre la interacción interespecífica para cada caso:

- a. **Comensalismo:** Cirripedios (bellotas de mar) y bivalvos (mejillones).



- b. **Parasitismo:** Isopodos (*Nerocila bivittata*) y peces tordo (*Symphodus tinca*).



- c. **Depredación:** Los nudibranchios y esponjas.



5. ¿Considera que existe alguna diferencia entre parasitismo y depredación? (Explique su respuesta)
6. Describa de forma detallada cómo ocurre una interacción de depredación, resaltando los principales aspectos que usted considera son criterios claves para comprenderla.
7. En el siguiente párrafo, se enuncia un ejemplo de una interacción de depredación, centrándonos en la actividad del depredador.

**Brusca & Brusca (2005) dice que:**

“Los gasterópodos prosobranquios más avanzados (Neogasterópodos) generalmente tienen radulas *raquiglosas*, en las que no hay dientes marginales (...) Los neogasterópodos de las familias muricidos y naticidos comen otros moluscos agujereando la concha calcárea de la presa para acceder a su carne. La perforación es principalmente mecánica; el depredador agujerea con su rádula mientras sostiene la presa con el pie. La acción de taladro se puede complementar por la secreción de sustancias químicas ácidas a partir de una glándula de perforación (también llamada “órgano perforador accesorio”); la sustancia química se aplica periódicamente al orificio que se está haciendo, para debilitar la matriz calcárea” (p. 795).

A partir del siguiente párrafo, diligencie la tabla rescatando los elementos que reconozca en esta interacción de depredación.

| Individuo 1/Función | Individuo 2/Función | Acción que realiza (Individuo 1) | Acción que realiza (Individuo 2) | Costo/Beneficio de la interacción |
|---------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                     |                     |                                  |                                  |                                   |

**Bibliografía**

Imagen A. Recuperada de: Pylon, M., & Brown, K. M. (2015). Introduction to mollusca and the class Gastropoda. In *Thorpe and Covich's Freshwater Invertebrates* (pp. 383-421). Academic Press.

Imagen B. Recuperada de:

<https://www.uhu.es/museovirtualpaleontologia/galerias/invertebrados/fichas/braquiopodos.html>

Imagen C. Recuperada de: <https://www.todoservivo.com/moluscos/caudofoveados/>

Imagen D. Recuperada de: <https://hewan0130.wordpress.com/category/hewan-laut/scaphopoda-tusk-shells/>

Imagen E. Fotografía tomada por: Gonzalez-Lopez (2013). Recuperada de:

<https://www.asturnatura.com/fotografia/fauna-invertebrados/pollicipes-pollicipes/17652.html>

Imagen F. Recuperada de: <https://biologysikshya24.wixsite.com/biologysikshya/classification-of-mollusca>

Imagen G. Recuperada de:  
<http://www.molluscs.at/solenogastres/index.html?/solenogastres/main.html>

Imagen H. Recuperada de: <https://resistenciarockandroll.wordpress.com/2016/04/11/sepia-officinalis/>

Imagen I. Recuperada de: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/47429-Polyplacophora>

Imagen J. Recuperada de: <https://aquahoy.com/i-d-i/valor-nutricional/32267-el-proximo-medicamento-contr-el-cancer-provendra-de-los-bivalvos>

Imagen K. Recuperada de: <https://pepedivemahahual.com/en/diving/gusano-arbol-de-navidad-2/>

### **Ejemplos de interacciones interespecíficas:**

- A. Comensalismo - Bellotas de mar. Imagen recuperada de: <https://www.biologueando.com/que-es-la-simbiosis/>
- B. Parasitismo - Nerocila Bivittata. Imagen recuperada de: <https://alchetron.com/Nerocila>
- C. Depredación - Nudibranquios. Imagen recuperada de: <https://territorioibiza.wordpress.com/2016/12/19/pokemons-marinos-y-venenosos/>

### **Ejemplo depredación:**

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). Invertebrates. 2ª ed. Sinauer Associates, Massachussets.

### **Actividad 2.**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

### **Laboratorio No. 1 galería fotográfica - Generalidades de los moluscos**

Objetivo: Identificar las principales generalidades anatómicas y ecológicas a cerca de los moluscos

El taller presentado a continuación, está diseñado para desarrollarse por grupos de 3 a 4 integrantes, y es introductorio a los conceptos y algunos representantes de los moluscos presentes en la muestra de fósiles de la Formación geológica Tamiami; el taller se divide en dos momentos, de la siguiente forma:

1. Empleando una muestra proveniente de la galería fotográfica (a partir de la página 13) de los especímenes fósiles de la formación geológica Tamiami, cada estudiante deberá a partir de los 15

individuos que se le asignaron, identificar las principales características morfológicas de los representantes de las 10 familias halladas en las muestras tanto de bivalvos como de gasterópodos.

2. Posteriormente, durante el segundo momento de la actividad, con el fin de identificar de mejor forma a los organismos de la muestra, cada estudiante de forma individual diligenciará en la ficha de información (Anexo A) datos con respecto a los especímenes asignados, utilizando una ficha para el registro de cada uno de los individuos pertenecientes a la muestra de 15 organismos, de cada integrante.

En cada ficha se encuentra un espacio para dibujar los especímenes (con el mayor detalle posible), una vez realizada la ilustración, el estudiante deberá señalar las principales estructuras de los organismos de la muestra. Para esto, nos basaremos en las ilustraciones de Moreno et. al., (2011) en su trabajo sobre prácticas y diversidad de Moluscos, en dicho material se presentan modelos de valvas en las cuales se señalan las principales estructuras, las cuales por medio de su presencia o forma, pueden llegar a ser caracteres diagnósticos de una familia específica, permitiendo diferenciar grupos de moluscos. Adicionalmente, deberá incluir información respecto a la taxonomía, tipo de alimentación, modo de vida y observaciones adicionales acerca de dichos organismos.

A continuación, listamos algunas de las estructuras presentes en moluscos, tanto de bivalvos como de gasterópodos, que el estudiante participante de la actividad, se encargará de ubicar:

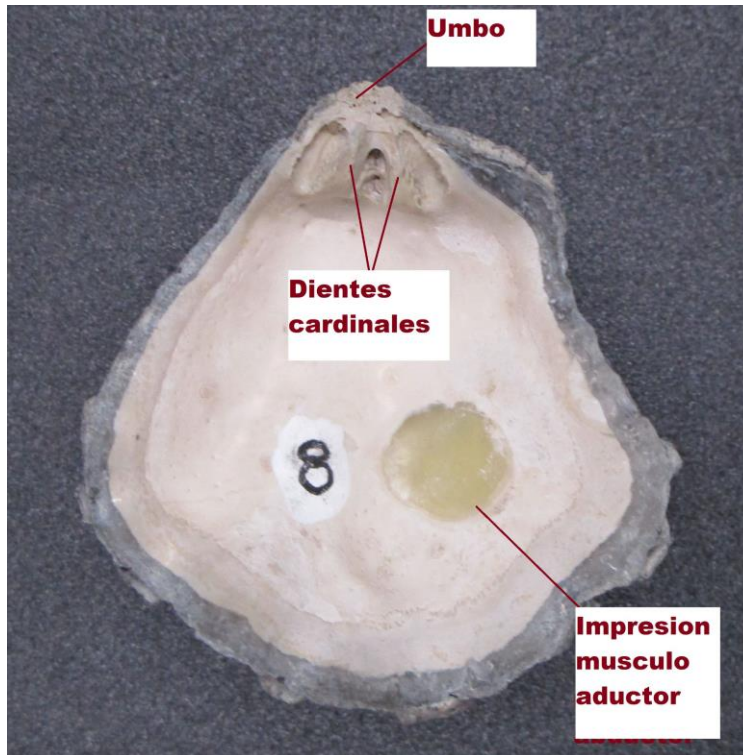
#### Bivalvos

- Umbo
- Líneas de crecimiento (horizontales)
- Costillas (verticales)
- Ligamento (externo o interno)
- Impresión músculo aductor
- Lúnula
- Charnela
- Orejillas (en la familia Pectinidae)

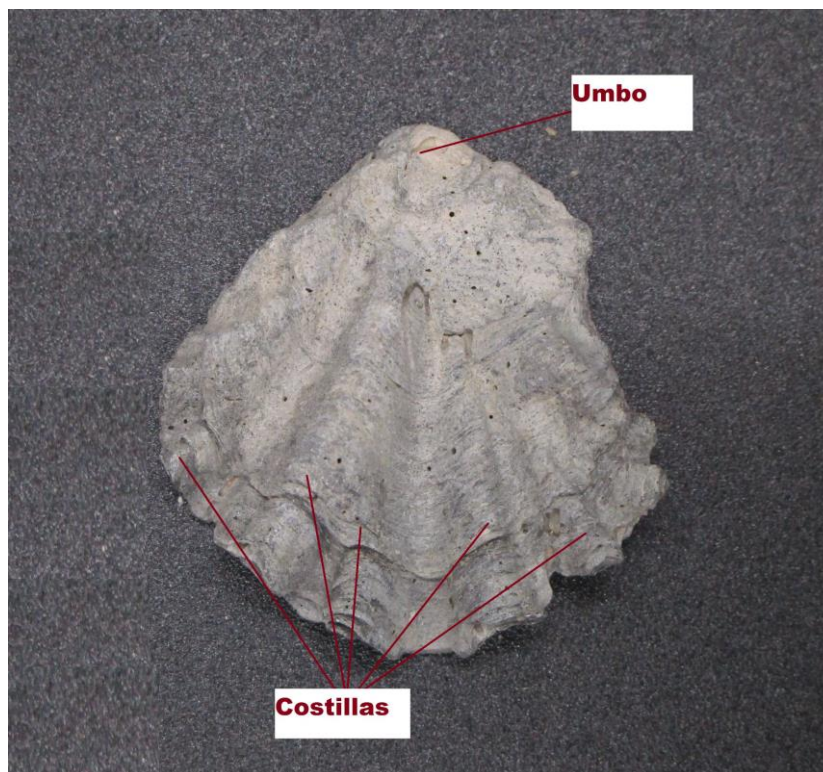
#### Gasterópodos

- Canal sifonal
- Columela
- Ápice
- Ombligo
- Borde parietal

Cabe resaltar que, para identificar de mejor manera las partes, se utilizara dos elementos, el primero son las ilustraciones de Moreno et. al., (2011) y el segundo elemento serán las fotografías de los organismos de la Formación Tamiami con la señalización de las estructuras (Imagen 1-7), con el fin de que los participantes registren información de forma más precisa. Algunos ejemplos de fotografías encontraremos a continuación:



**Imagen 1.** Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras. Fotografía tomada por: Moreno (2021).



**Imagen 2.** Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras. Fotografía tomada por: Moreno (2021).

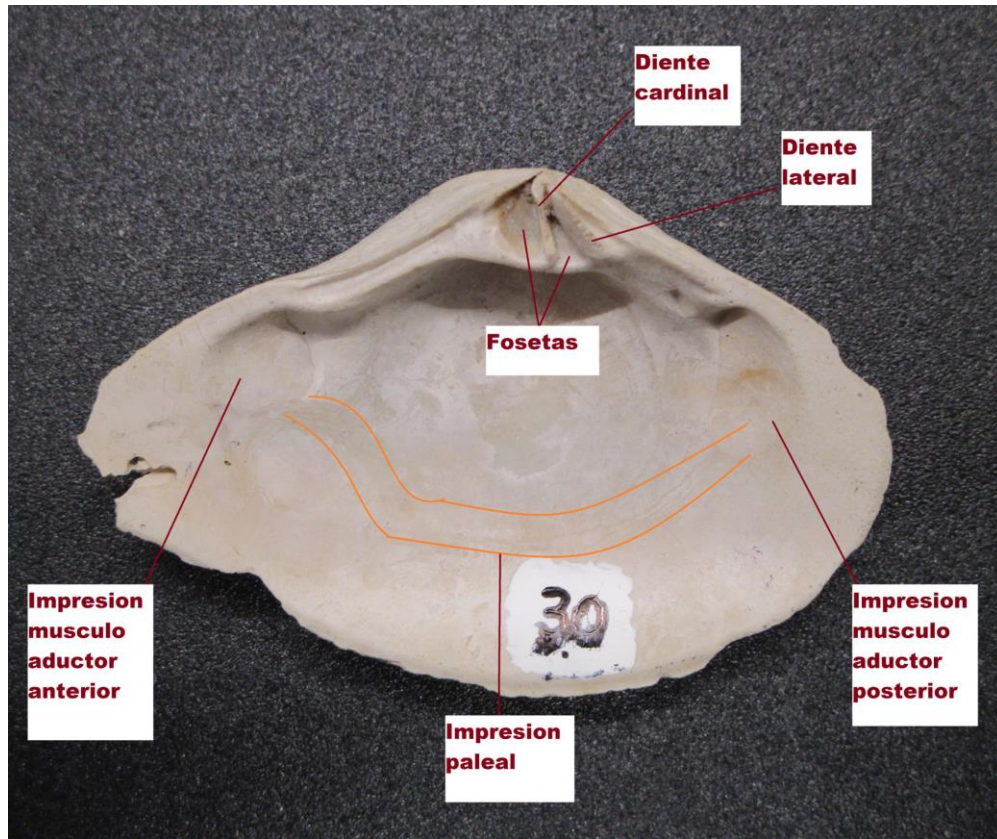
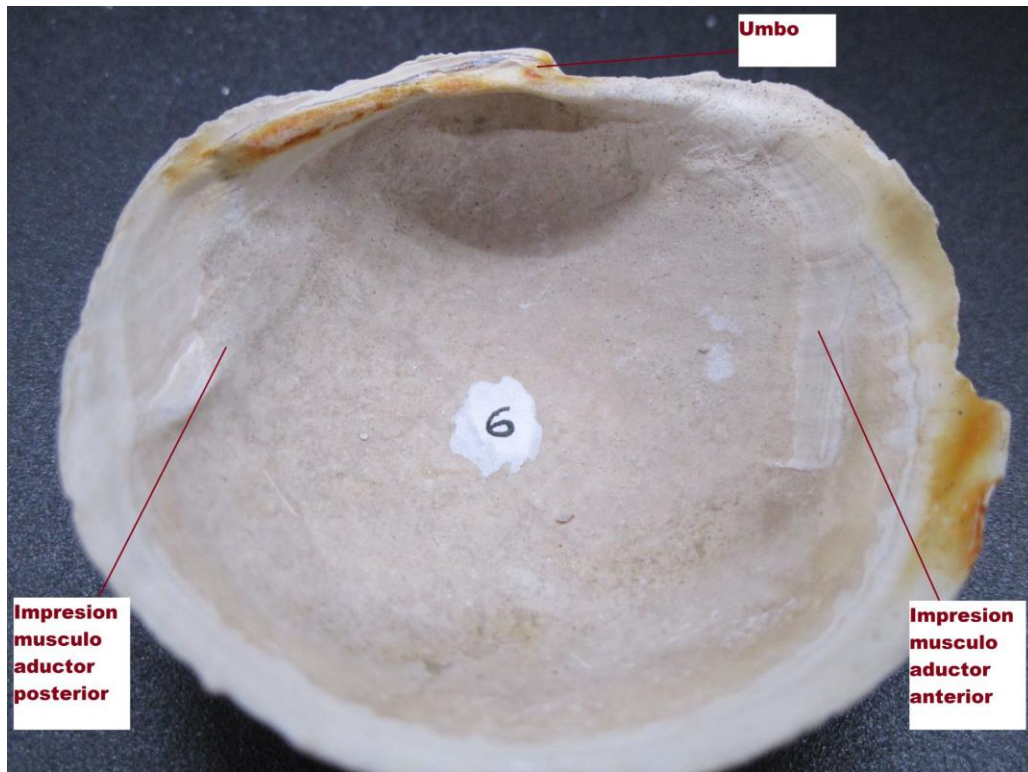
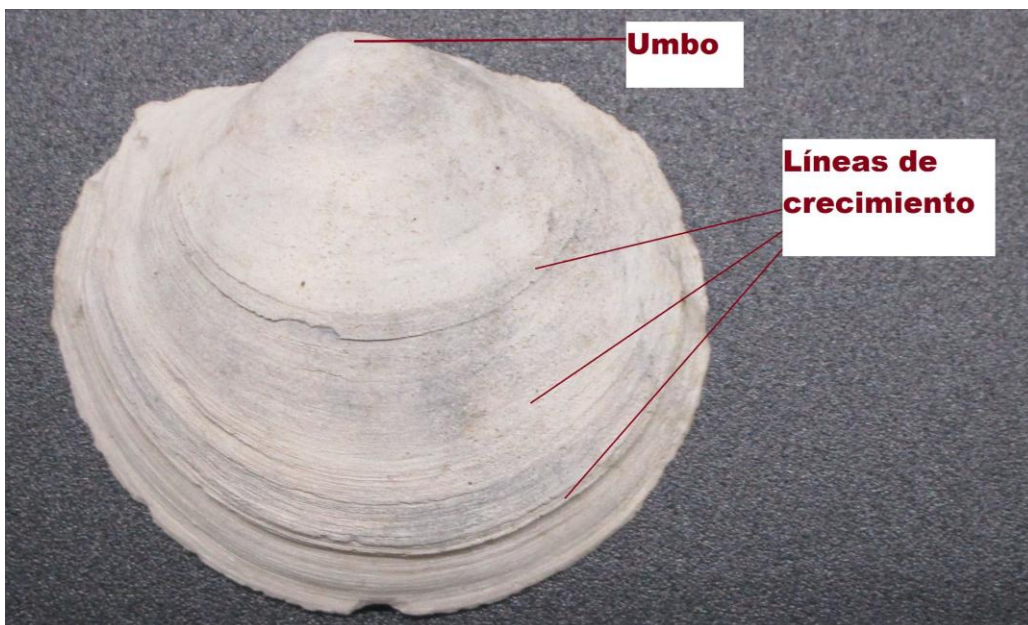


Imagen 3. Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras. Fotografía tomada por: Moreno (2021).



**Imagen 4.** Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras. Fotografía tomada por: Moreno (2021).



**Imagen 5.** Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras. Fotografía tomada por: Moreno (2021).

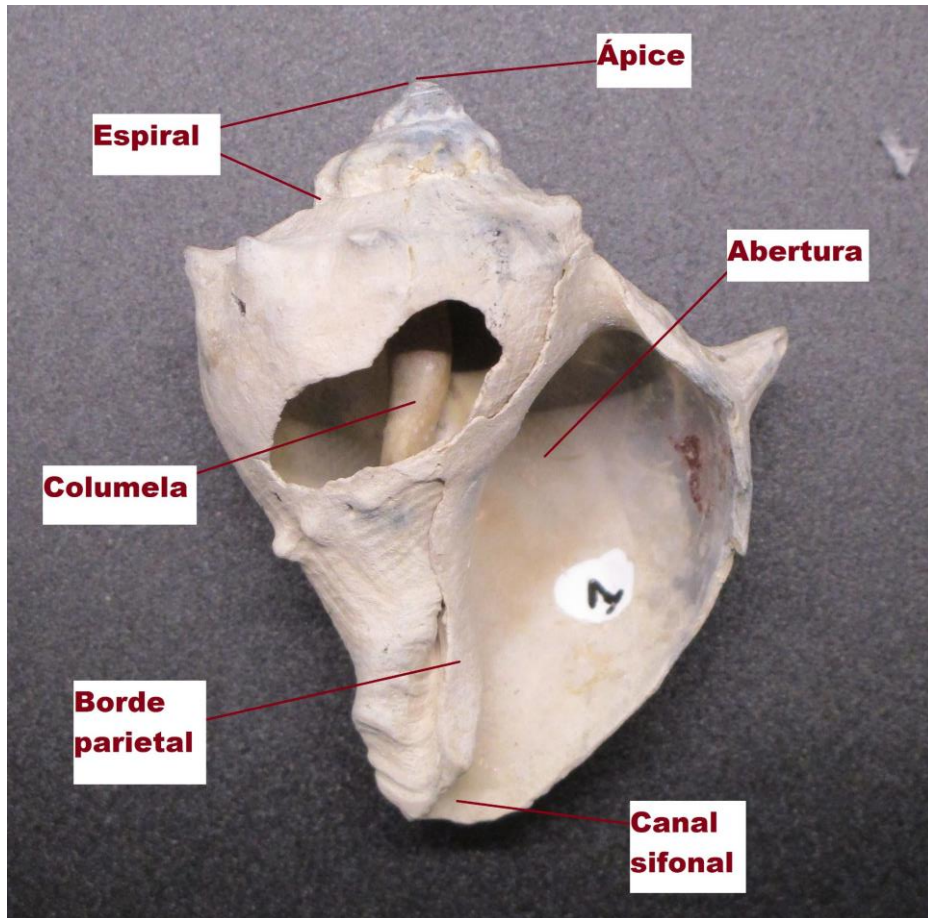
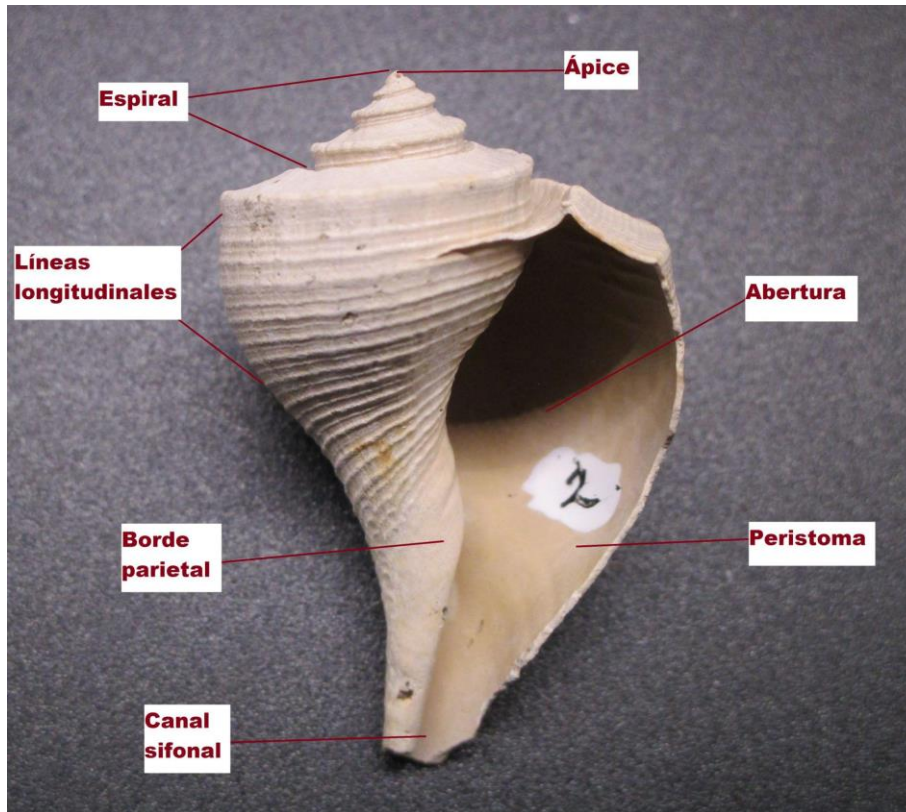
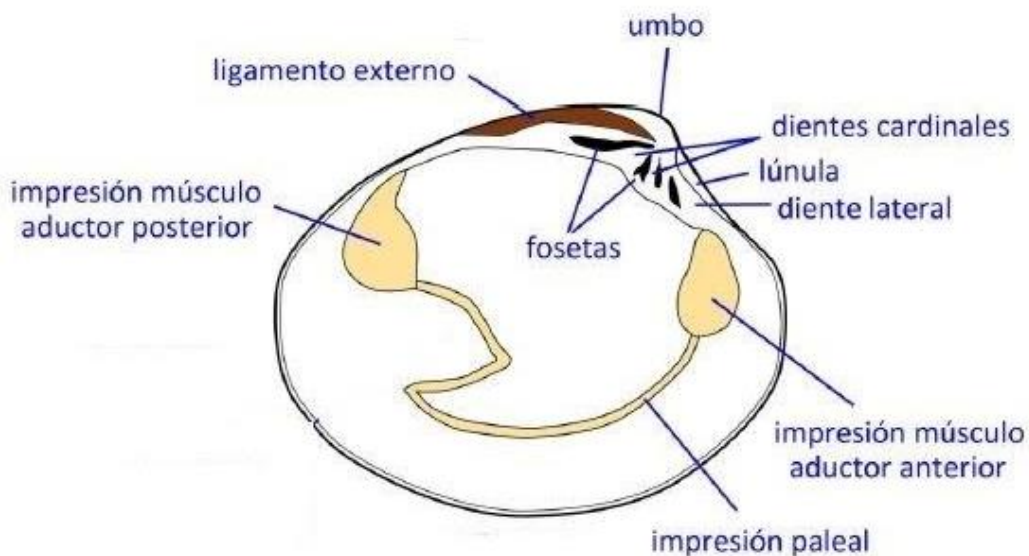


Imagen 6. Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras. Fotografía tomada por: Moreno (2021).

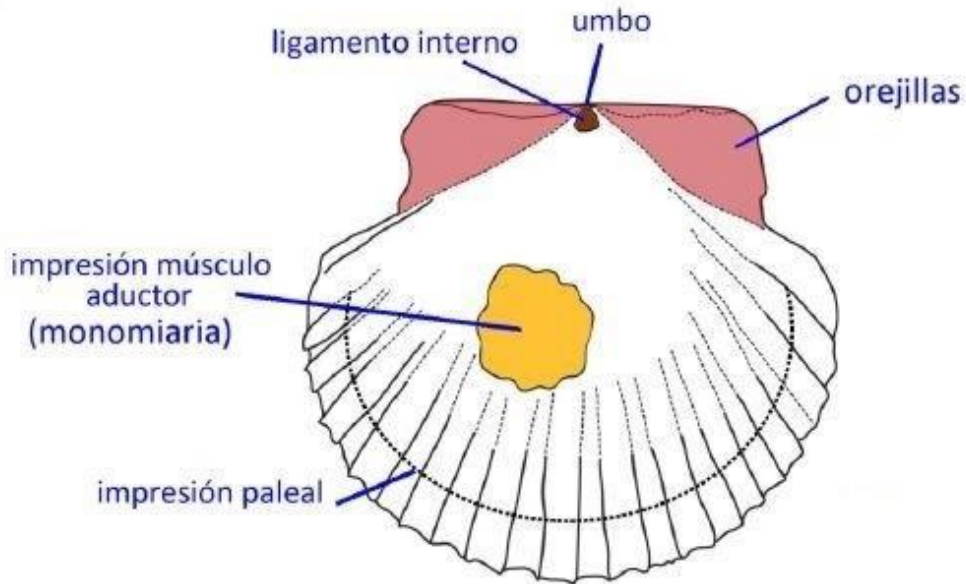


**Imagen 7. Ejemplo de fotografía de los organismos con la señalización de las estructuras.** Fotografía tomada por: Moreno (2021).

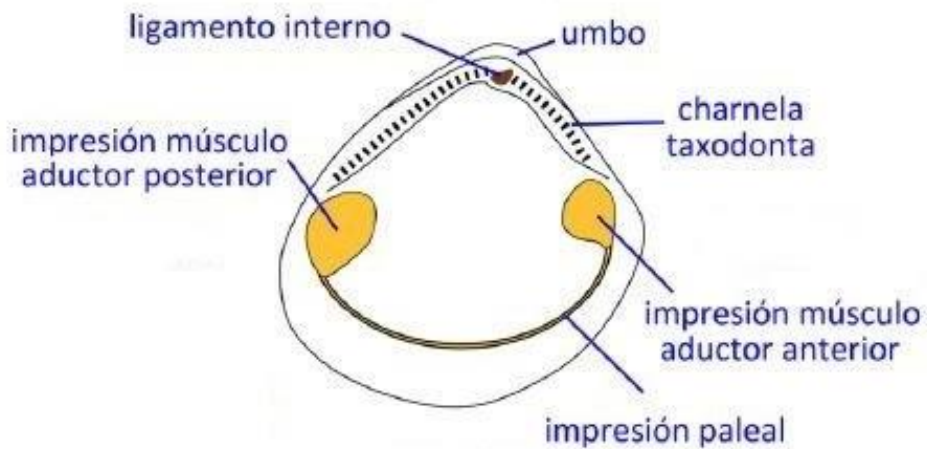
A continuación, mostraremos algunas de las ilustraciones de los organismos que se recuperaron del trabajo de Moreno et. al., (2011) dichas ilustraciones corresponden a modelos de especímenes similares a los organismos de la Formación Tamiami, los cuales son de utilidad para ubicar estructuras que facilitan la identificación de algunos grupos taxonómicos de moluscos (Imagen 8-10).



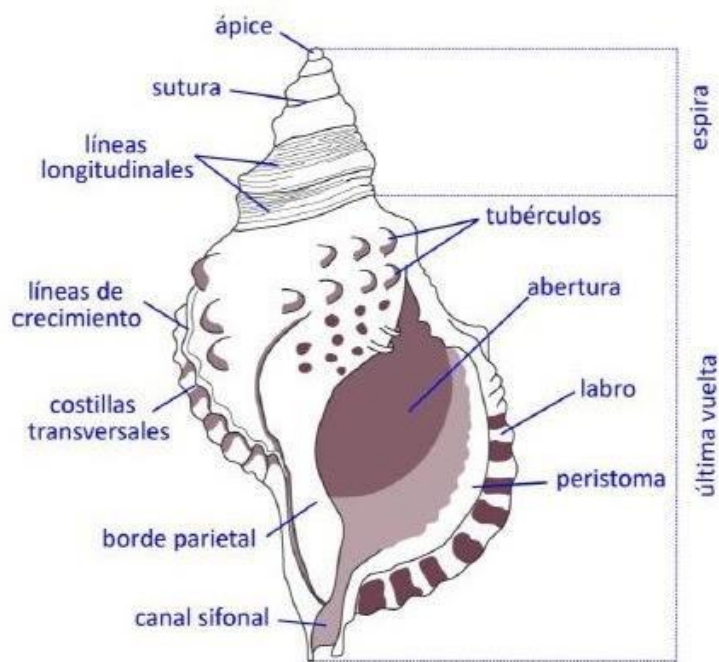
**Imagen 8. Esquema de bivalvo.** Recuperada de: Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., ... & Cabrero-Sañudo, F. J. (2011). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Moluscos. Disección de mejillón. *REDUCA (Biología)*, 4(2).



**Imagen 9. Esquema de bivalvo.** Recuperada de: Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., ... & Cabrero-Sañudo, F. J. (2011). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Moluscos. Disección de mejillón. *REDUCA (Biología)*, 4(2).



**Imagen 9. Esquema de bivalvo.** Recuperada de: Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., ... & Cabrero-Sañudo, F. J. (2011). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Moluscos. Disección de mejillón. *REDUCA (Biología)*, 4(2).



**Imagen 10. Esquema de gastropódo.** Recuperada de: Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., ... & Cabrero-Sañudo, F. J. (2011). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Moluscos. Disección de mejillón. *REDUCA (Biología)*, 4(2).

## Bibliografía

Moreno, A. G., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., ... & Cabrero-Sañudo, F. J. (2011). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Moluscos. Disección de mejillón. *REDUCA (Biología)*, 4(2).

## **GALERÍA FOTOGRÁFICA**

La presente galería, se constituye de fotografías de los organismos de la muestra de moluscos de la Formación Tamiami, como resultado de un ejercicio de curaduría del material. Dichas fotografías que veremos a continuación, corresponden a las muestras 1, 4, 7 y 9. Para cada uno de los laboratorios y actividades que se desarrollarán, se organizaron muestras de 15 especímenes al azar por persona, con dicho material se dispondrán a trabajar.

### **MUESTRA 1**

#### **Especimen 1**



|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |     |
|-----------------------|----------------------------|---|-----|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |     |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |     |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Díámetro de orificio de perforación</u></b> | N/A |

#### **Especimen 2**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 3**



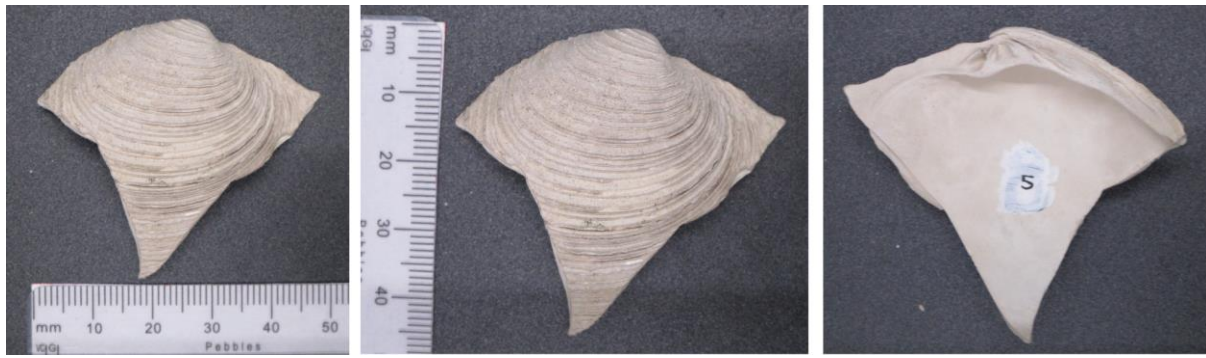
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 4**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Tellinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 5**



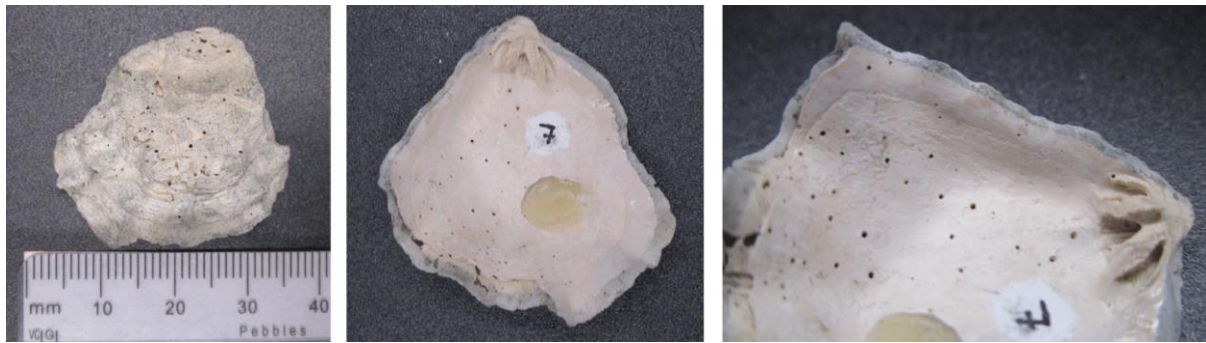
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### Espécimen 6



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### Espécimen 7



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### Espécimen 8



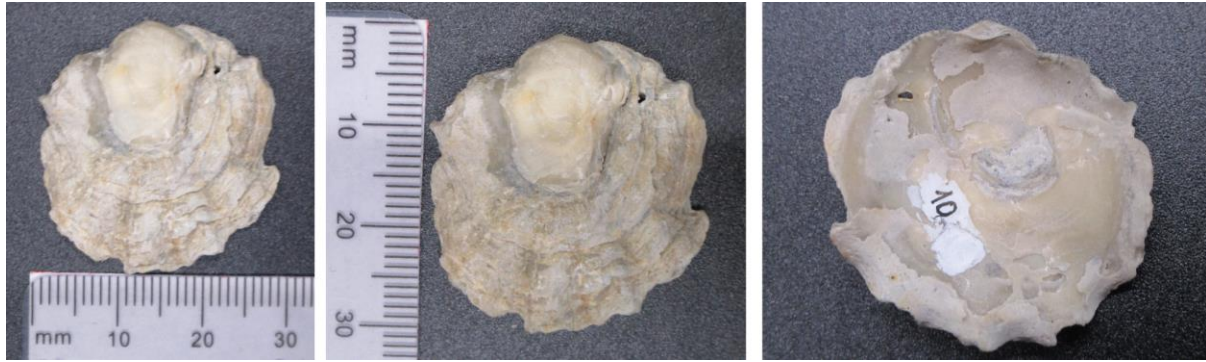
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 9**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 10**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Gryphaeidae                | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 11**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Ostreidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 12**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 13**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |              |   |  |
|-----------------------|--------------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 14**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Cardiidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 15**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |              |   |  |
|-----------------------|--------------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia     | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 16**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 17**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 18**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 19**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 20**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Crassatellidae             | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen21**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |                |   |  |
|-----------------------|----------------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia       | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida      | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Crassatellidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 22**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

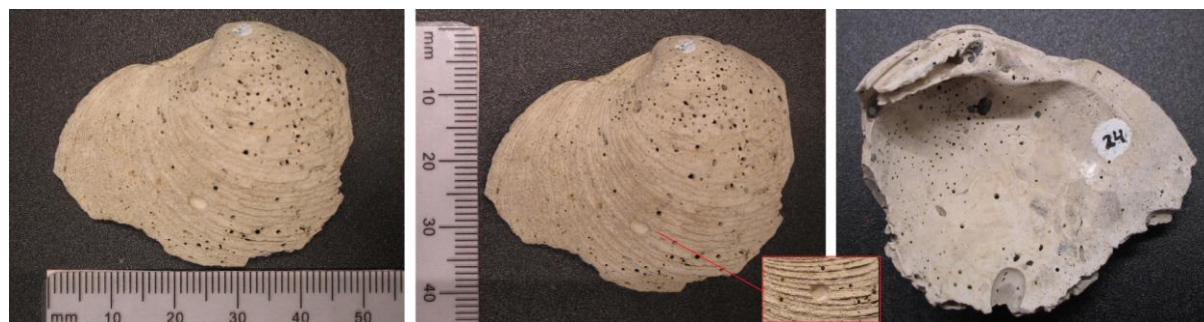
**Espécimen 23**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |         |   |  |
|-----------------------|---------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 24**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 25**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 26**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 27**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|-----------|---|--|

**Espécimen 28**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 29**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia  | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 30**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**MUESTRA 2**

**Espécimen 1**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Gastropoda                 | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Neotaenioglossa            | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Melongenidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 2**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Gastropoda                 | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Neotaenioglossa            | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Melongenidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 3**



|                | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u>                               |  |
|----------------|---------------------|--|--|
| <u>Clase</u>   | Bivalvia            | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Ostreoida           | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Plicatulidae        | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

**Espécimen 4**



|                | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u>                               |  |
|----------------|---------------------|--|--|
| <u>Clase</u>   | Bivalvia            | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Cardiida            | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Cardiidae           | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

### Espécimen 5



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Gastropoda                 | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Neotaenioglossa            | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Calyptraeidae              | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### Espécimen 6



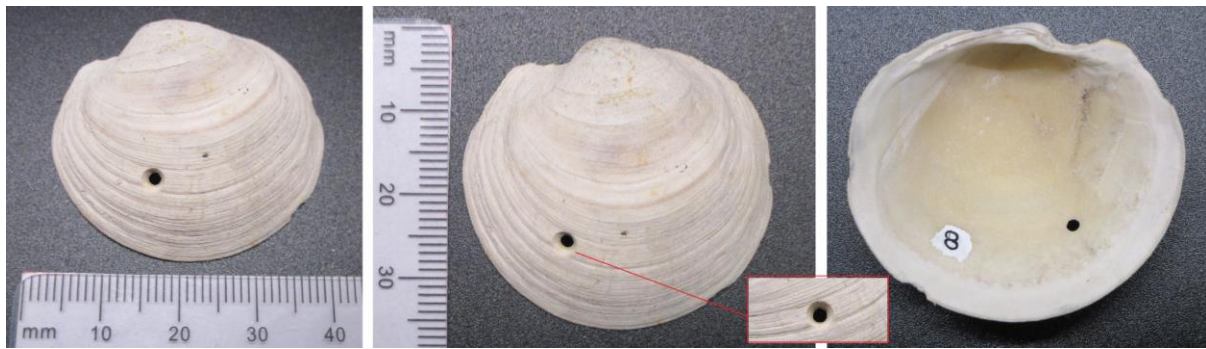
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### Espécimen 7



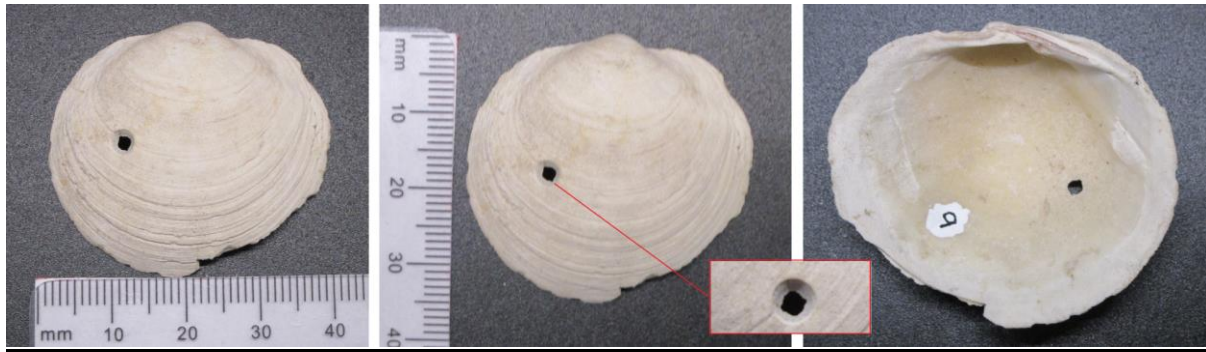
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Cardiidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 8**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 9**



|                | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u>                               |  |
|----------------|---------------------|--|--|
| <u>Clase</u>   | Bivalvia            | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Cardiida            | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Semelidae           | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

**Espécimen 10**



|                | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u>                               |  |
|----------------|---------------------|--|--|
| <u>Clase</u>   | Bivalvia            | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Cardiida            | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Cardiidae           | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

**Espécimen 11**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 12**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |              |   |  |
|-----------------------|--------------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|--------------|---|--|

**Espécimen 13**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 14**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Chamidae                   | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 15**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 16**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 17**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 18**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 19**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Gastropoda                 | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Neogastropoda              | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Olividae                   | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 20**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 21**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 22**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 23**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 24**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 25**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Ostreidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|-----------|---|--|

**Espécimen 26**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Lucinidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 27**

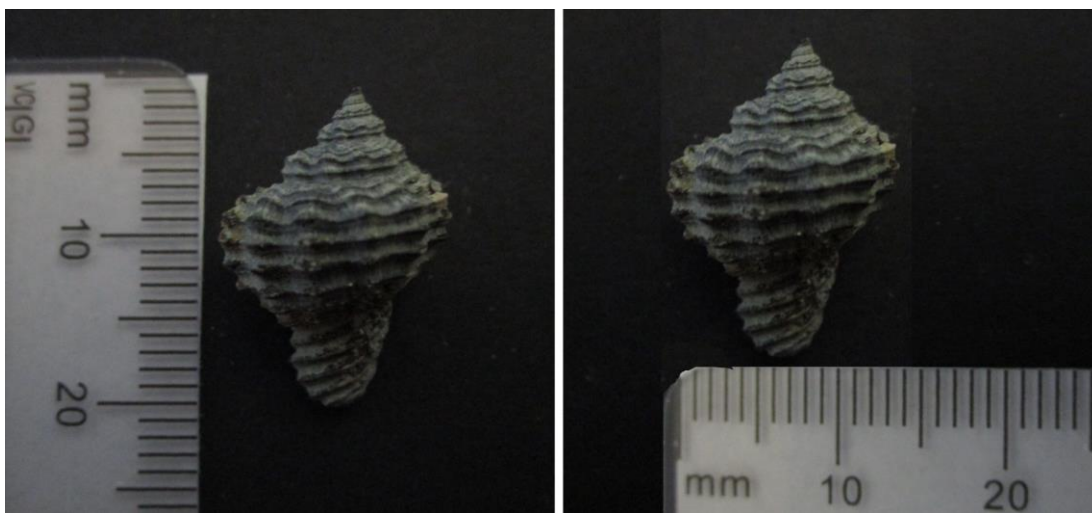


|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                |           |  |  |
|----------------|-----------|--|--|
| <u>Clase</u>   | Bivalvia  | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Ostreoida | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Ostreidae | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

### MUESTRA 3

#### Espécimen 1



|                |                     |  |  |
|----------------|---------------------|--|--|
|                | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u>                               |  |
| <u>Clase</u>   | Gastropoda          | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Neogastropoda       | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Muricidae           | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

#### Espécimen 2



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 3**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 4**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 5**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 6**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 7**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 8**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Gryphaeidae                | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 9**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 10**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 11**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia  | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 12**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 13**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 14**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 15**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 16**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 17**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 18**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 19**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 20**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Gastropoda                 | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Neotaenioglossa            | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Calyptraeidae              | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 21**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 22**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 23**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 24**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 25**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 26**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 27**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 28**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Cardiidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**SAMPLE 4**

**Espécimen 1**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### **Espécimen 2**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 3**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 4**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 5**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 6**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Pterioida                  | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |          |   |  |
|-----------------------|----------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Pinnidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|----------|---|--|

**Espécimen 7**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 8**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 9**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 10**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 11**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 12**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                |          |  |  |
|----------------|----------|--|--|
| <u>Clase</u>   | Bivalvia | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Arcoida  | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Arcidae  | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

**Espécimen 13**



|                |                     |  |  |
|----------------|---------------------|--|--|
|                | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u>                               |  |
| <u>Clase</u>   | Bivalvia            | <u>Altura</u>                              |  |
| <u>Orden</u>   | Cardiida            | <u>Ancho</u>                               |  |
| <u>Familia</u> | Semelidae           | <u>Diámetro de orificio de perforación</u> |  |

**Espécimen 14**



|  |                     |              |  |
|--|---------------------|--------------|--|
|  | <u>Morfoespecie</u> | <u>Largo</u> |  |
|--|---------------------|--------------|--|

|                       |          |   |  |
|-----------------------|----------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 15**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 16**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |          |   |  |
|-----------------------|----------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 17**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 18**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 19**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 20**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 21**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 22**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Pterioida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pinnidae                   | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 23**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |         |   |  |
|-----------------------|---------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|---------|---|--|

**Espécimen 24**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 25**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |              |   |  |
|-----------------------|--------------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia     | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 26**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 27**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 28**



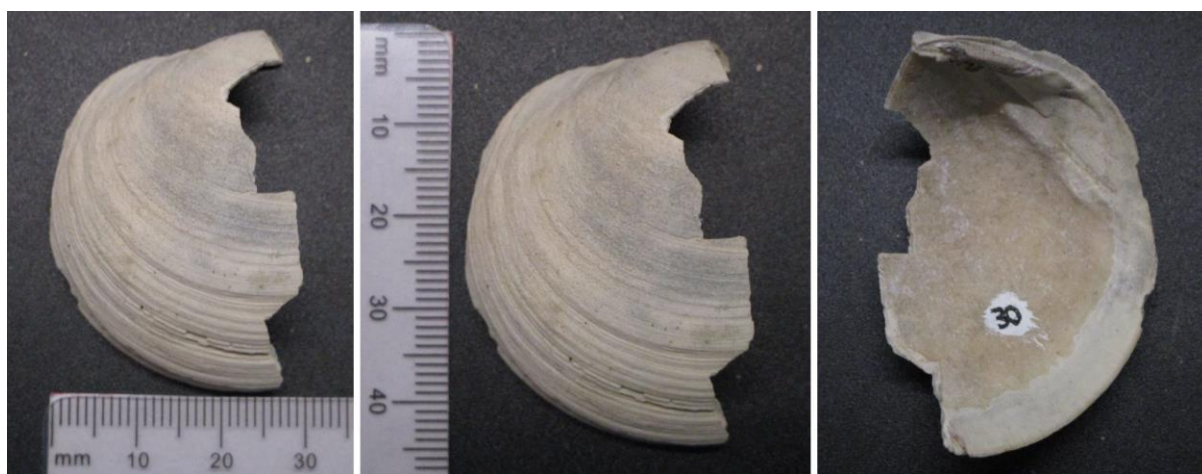
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 29**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 30**



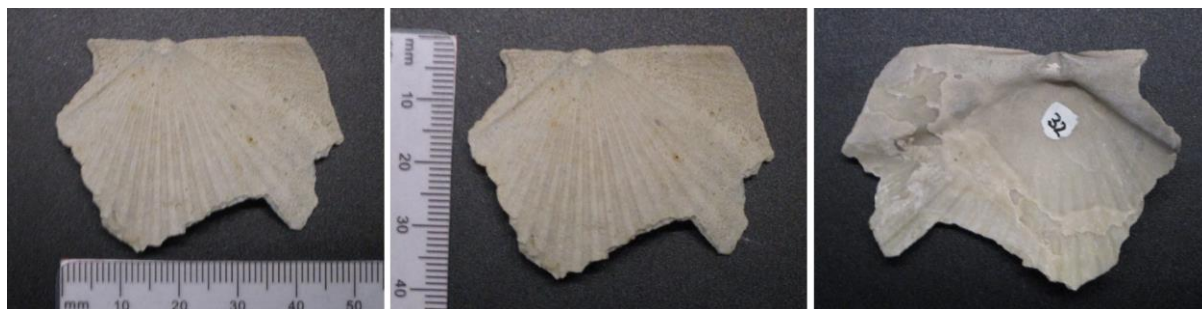
|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 31**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 32**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 33**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 34**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Cardiida                   | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Semelidae                  | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 35**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Flemingostreidae           | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 36**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Veneroida                  | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |                |   |  |
|-----------------------|----------------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Crassatellidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|----------------|---|--|

**Espécimen 37**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Arcoida                    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Arcidae                    | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 38**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |
| <b><u>Orden</u></b> | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>  |  |

|                       |            |   |  |
|-----------------------|------------|---|--|
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |
|-----------------------|------------|---|--|

**Espécimen 39**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Pectinidae                 | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 40**



|                     |                            |                      |  |
|---------------------|----------------------------|----------------------|--|
|                     | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>  |  |
| <b><u>Clase</u></b> | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b> |  |

|                       |              |   |  |
|-----------------------|--------------|---|--|
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida    | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 41**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 42**



|  |                            |                     |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|
|  | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b> |  |
|--|----------------------------|---------------------|--|

|                       |           |   |  |
|-----------------------|-----------|---|--|
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia  | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Veneroida | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Veneridae | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 43**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

**Espécimen 44**



|                       |                            |   |  |
|-----------------------|----------------------------|---|--|
|                       | <b><u>Morfoespecie</u></b> | <b><u>Largo</u></b>                               |  |
| <b><u>Clase</u></b>   | Bivalvia                   | <b><u>Altura</u></b>                              |  |
| <b><u>Orden</u></b>   | Ostreoida                  | <b><u>Ancho</u></b>                               |  |
| <b><u>Familia</u></b> | Plicatulidae               | <b><u>Diámetro de orificio de perforación</u></b> |  |

### **Anexo A - Actividad 2**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

#### **Ficha de información - Laboratorio No. 1 generalidades de los moluscos**

Esta ficha permite recopilar información sobre las generalidades de los moluscos, como la clasificación y patrones comportamentales. A partir de este material el estudiante se familiarizará con el grupo de organismos predominantes en la muestra.

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
|  |                                   |
| <b>Clasificación taxonómica:</b><br><u>Phylum:</u><br><u>Clase:</u><br><u>Orden:</u> | <b>Modo de vida:</b>              |
| <b>Tipo de alimentación:</b>   | <b>Observaciones adicionales:</b> |

**Actividad 3.**

**Universidad Pedagógica Nacional  
 Facultad de Ciencia y Tecnología**

## Licenciatura en Biología

### Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos

#### Laboratorio No. 2 - ¿Cómo reconocer un orificio de depredación en una concha de moluscos fósiles?

##### Objetivos:

- Determinar la forma en que ocurre la perforación en el exoesqueleto de la presa.
- Reconocer las características de los orificios de perforación de origen predatorio.
- Identificar las marcas más comunes presentes en las conchas de moluscos fósiles.

##### Materiales

- **Plastilina, arcilla o porcelanicon**
- **2 Palillos o palos de pincho**
- **Alambre dulce de bajo calibre**
- **1 hoja de papel de lija delgada**
- **Libreta de apuntes**
- **Esfero**

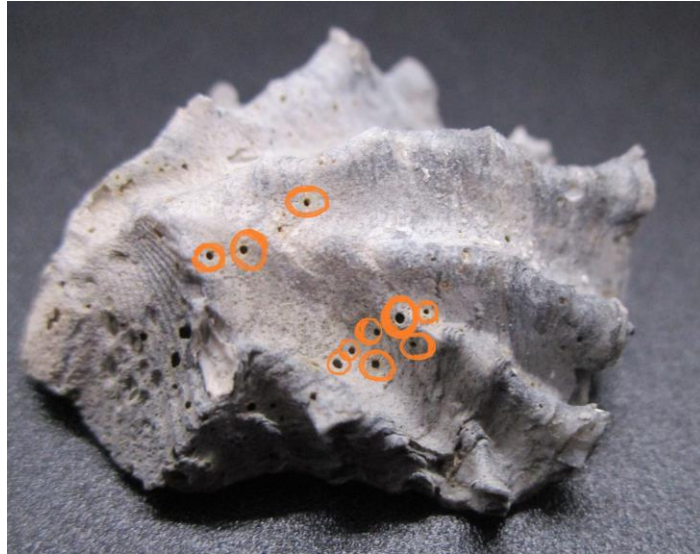
El presente taller teórico-práctico consiste en un ejercicio de identificación de las características de los orificios de perforación, los cuales son aquellos rastros o evidencias que se pueden encontrar en la concha de ciertos moluscos, siendo en la mayoría de los casos, los que permiten evidenciar aspectos ecológicos, debido a que tienen orígenes y agentes diversos, algunos de los cuales ejemplificamos a continuación:

Depredación: Dicho rastro se caracteriza por tener un tamaño mayor en comparación a otros rastros o evidencias en las conchas, el orificio tiene una forma geométrica definida, además de presentar un tamaño del orificio interno y externo.



Fotografía tomada por: Moreno (2021)

Parasitismo: Dicho rastro se caracteriza por presentar orificios de perforación de tamaño reducido, encontrándose aleatoriamente en diferentes áreas de la concha de la presa y con una tendencia a presentar marcas múltiples.



Fotografía tomada por: Moreno (2021)

Bioerosión: Este rastro corresponde a un desgaste natural en la concha, producto del deterioro de las capas de esta.



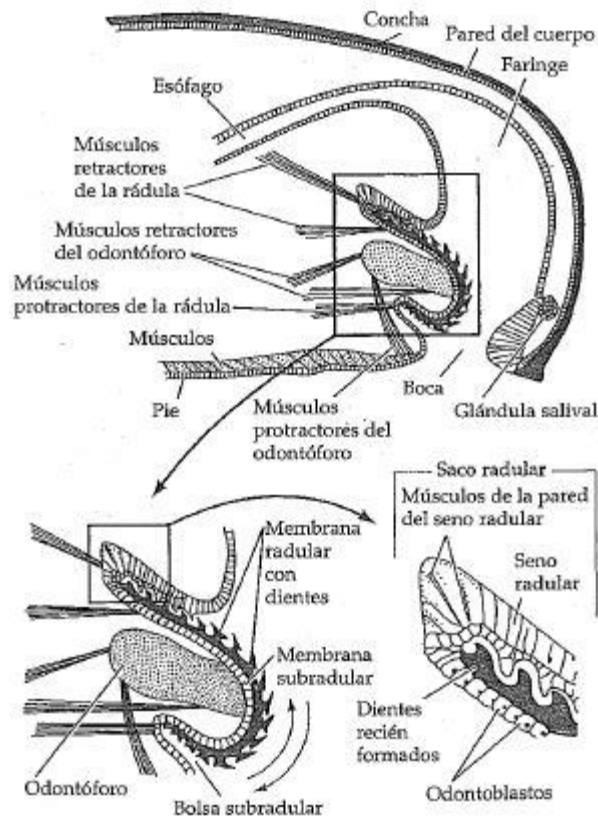
Fotografía tomada por: Moreno (2021)

Cicatriz de fijación: Corresponde a las marcas dejadas por los depredadores al momento de sujetar a la presa o incluso pueden ser marcas complementarias de depredación fallida que permanecen y cambian de forma debido al crecimiento del organismo.



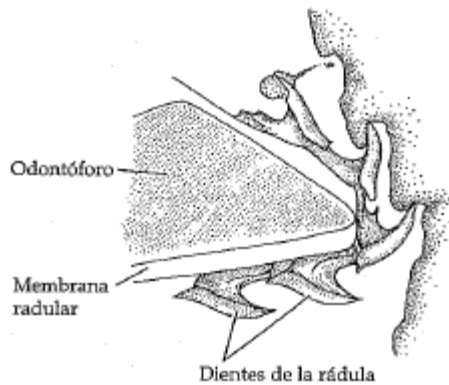
Fotografía tomada por: Moreno (2021)

No obstante para reconocer como ocurre estos tipos de evidencias, es importante hablar acerca del aparato bucal de los moluscos, los cuales cuentan con una estructura particular y propia de este grupo de organismos, dicha estructura (imagen 1) es la rádula la cual “es una cinta con dientes quitinosos recurvados (...) La rádula a menudo funciona como un raspador para arrancar las partículas alimenticias que van a ser ingeridas, aunque en muchos grupos se ha adaptado para otras acciones”(Brusca & Brusca, 2005, p. 793). Lo que nos indica que la forma de la rádula de los moluscos, puede presentar variaciones en función de sus hábitos alimenticios, siendo en este caso la disposición y forma de los dientes lo que varía.



**Imagen 1. Esquemas generalizados de la rádula y las estructuras bucales asociadas a ella, a tres aumentos sucesivos (secciones longitudinales).** Imagen recuperada de: Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). *Invertebrates*. 2ª ed. Sinauer Associates, Massachussets.

Adicionalmente, podemos decir que los gasterópodos al igual que otros moluscos tienen una rádula en forma de cinta con dientes y su propio conjunto de músculos los cuales se encargan del movimiento de dicha cinta mejor conocida como membrana radular, la cual se mueve hacia adelante y atrás de la estructura cartilaginosa llamada odontóforo (imagen 2), a su vez normalmente la rádula se encuentre dentro de un saco radular, estructura en la cual se forman constantemente nuevos dientes a partir de células especializadas llamadas odontoblastos. (Brusca & Brusca, 2005) La acción de corte que se describe anteriormente, se puede considerar como el modelo general sobre cómo actúa y realiza su función la rádula para el caso de gasterópodos.

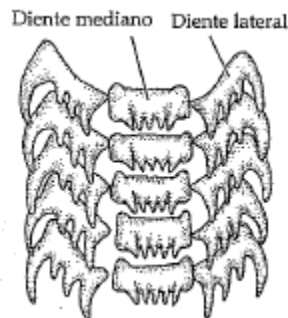


**Imagen 2. Acción de corte y raspado de la rádula de un gasterópodo.** Imagen recuperada de: Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). Invertebrates. 2ª ed. Sinauer Associates, Massachussets.

Este tipo de hábito alimenticio lo definen algunos como macrofagia y otros como durofagia, ya que ciertos animales estarían consumiendo organismos con un exoesqueleto mineralizado, por lo que la principal evidencia de que ocurrió dicha interacción entre un depredador y una presa se puede encontrar en las conchas de moluscos, con la forma de orificios de perforación, un tipo de marca relevante en estudios paleoecológicos.

### Adaptaciones en el aparato bucal de gasterópodos carnívoros

Los gasterópodos carnívoros, son depredadores que se alimentan de otros moluscos a partir de una adaptación en la forma de su rádula, denominándose como *rádula raquiglosa* (imagen 3), la cual se caracteriza por no presentar dientes marginales o dientes en los extremos de la rádula. En la mayoría de los casos la rádula de los gasterópodos carnívoros tienden a tener menos dientes de mayor tamaño en comparación con las rádulas de los herbívoros.



**Imagen 3. Modelo de rádula raquiglosa.** Imagen recuperada de: Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). Invertebrates. 2ª ed. Sinauer Associates, Massachussets.

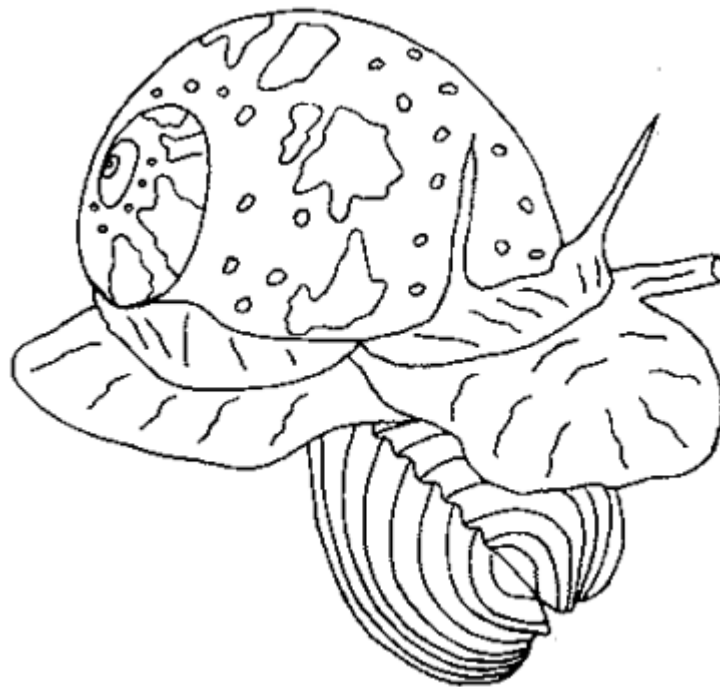
Algunos neogasteropodos se alimentan de otros moluscos perforando la concha calcárea de la presa con el fin de tener acceso a los tejidos y órganos internos,

“La perforación es principalmente mecánica; el depredador agujerea con su rádula mientras sostiene la presa con el pie. La acción de taladro se puede complementar por la secreción de sustancias químicas ácidas a partir de una glándula de perforación (también llamada “órgano perforador accesorio”); la sustancia química se aplica periódicamente al orificio que se está haciendo, para debilitar la matriz calcárea” (Brusca & Brusca, 2005, p. 795).

Cabe recalcar que a pesar de poseer morfología similar en el aparato bucal, a otros grupos de gasterópodos, hay algunas especies que presentan diferencias como un par de glándulas salivales (producen toxinas que se encargan de anestesiar a las presas). Por otra parte,

“Algunas especies envuelven a la presa con la proboscis y otras, poseen en la misma una glándula proboscídea, que segrega ácido sulfúrico. De esta manera perforan las conchillas de sus presas (a veces a razón de 2 mm en 8 horas) e introducen la proboscis en el cuerpo de la misma, permitiendo que la rádula obtenga el alimento”(Camacho, 2007, p. 330).

No obstante, cabe mencionar que estas estrategias de depredación llegan a ser efectivas a partir de la captura de la presa (imagen 4), en algunos casos el gasterópodo inmoviliza a la presa por el margen ventral, de esta forma la proboscis se encuentra más cerca de la región del umbo. (Calvet, 1992) Donde se puede realizar la perforación, atacando durante largos periodos de tiempo las conchas o cubiertas externas del organismo, como en este caso los bivalvos y de esta forma acceder a los órganos internos.

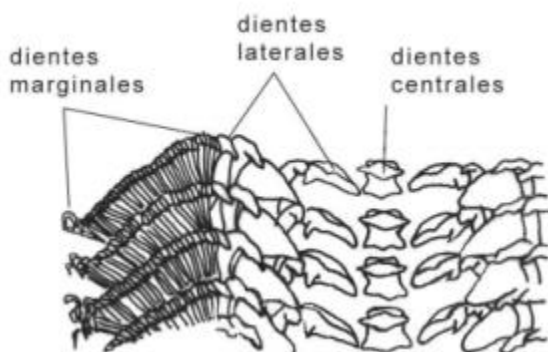


**Imagen 4. Ilustración del método de captura de gasteropodos.** Imagen recuperada de: Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismos i sistemes*, 57-64.

Posteriormente, dentro de la parte práctica se realizarán réplicas de las conchas de los organismos en donde los participantes de la actividad, a partir de los conocimientos adquiridos en el laboratorio anterior y a partir de la galería fotográfica. Elaborarán 10 réplicas de especímenes que hayan visto en las fotografías de los organismos de la muestra, con el mayor detalle posible en la ornamentación, las réplicas pueden elaborarse en plastilina o porcelanicon y utilizar instrumentos como los palillos para añadir detalles en las réplicas de las conchas.

Con el fin de que los estudiantes comprendan y experimenten cómo ocurren los orificios de perforación, cada uno de los estudiantes deberán:

1. Elaborar un modelo de rádula utilizando los materiales listados para esta actividad, usando como base el modelo de rádula de Camacho (imagen 5), detallando la forma y disposición de los dientes.



**Imagen 5. Modelo generalizado de rádula.** Imagen recuperada de: Camacho, H. (2007). Los Invertebrados fósiles. Fundación de Historia Natural Félix de Azara: Universidad Maimónides. 2007. P. 800.

2. Una vez realizadas las 10 réplicas de los organismos y a partir de la información vista en la parte teórica, cada uno de los participantes de la actividad, deberán realizar diferentes marcas o trazas en sus réplicas.
3. Posteriormente, organizándose en grupos de 4 o 5 integrantes, cada integrante intercambiará la información, explicando que marcas realizó en sus réplicas y con qué tipo de interacción está asociada. Finalmente, se socializará la experiencia y los hallazgos obtenidos.

Las preguntas orientadoras de esta sección son:

- ¿Todas las evidencias de interacción son iguales?
- ¿Puede haber más de un tipo de evidencia en un espécimen?
- ¿Qué información nos puede brindar este tipo de evidencias?

## Bibliografía

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). Invertebrates. 2ª ed. Sinauer Associates, Massachussets.

Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismos i sistemas*, 57-64.

Camacho, H. (2007). Los Invertebrados fósiles. Fundación de Historia Natural Félix de Azara: Universidad Maimónides. 2007. P. 800.

#### **Actividad 4.**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

#### **Laboratorio No. 3 - Introducción al análisis de la frecuencia de la depredación por perforación**

##### **Objetivo:**

- Comprender en qué consiste la frecuencia de depredación como aspecto biológico resultante de la interacción entre depredadores y presas.
- Implementar algunas metodologías de análisis de frecuencia de depredación en una muestra de moluscos fósiles.

##### **Materiales**

- Galería fotográfica
- Libreta de apuntes
- Calculadora
- Ficha de información - Laboratorio No. 3: Depredación por perforación (introducción y análisis de frecuencia).

El presente laboratorio consiste en realizar un primer acercamiento al fenómeno de la depredación por perforación, a través de varias actividades y con ayuda de material de apoyo como una galería fotográfica de los especímenes de la muestra de moluscos, en la cual está incluida información taxonómica del organismo.

Teniendo en cuenta lo anterior, las preguntas que orientarán esta sesión serán:

- ❖ ¿Cómo reconocer un fósil traza que evidencie la depredación?
- ❖ ¿Qué caracteriza a un depredador y a la presa? y ¿Qué papel cumplen estos en la interacción?
- ❖ ¿Cómo estimar la frecuencia de depredación?
- ❖ ¿Qué factores influyen en una alta o baja frecuencia de depredación?

Al igual que las anteriores actividades, este laboratorio consta de una parte teórica en la cual se abordarán las características de esta interacción entre los organismos y aspectos como:

- **Criterios para identificar e interpretar trazas de depredación**

Algunos criterios que nombraremos a continuación, fueron recopilados por Kowalewski en su recopilación de los métodos analíticos en estudios de trazas de depredación, dichos criterios son:

1. Los orificios tienen formas geométricas diferentes (dicho criterio permite excluir el origen abiótico de los rastros).
2. Este tipo de orificios presentan un rango de tamaño relativamente estrecho (debido a que los rastros de origen abiótico son variables).
3. El tipo de traza alude a que fueron realizados con la finalidad de acceder al interior del exoesqueleto de la presa. Como por ejemplo, en el caso de los orificios de perforación, los cuales son realizados desde el exterior de la valva, pero sin atravesar el lado opuesto del espécimen.
4. Los rastros se reparten no aleatoriamente entre los taxones, es decir que hay una selectividad de especies, permitiendo reconocer el origen biótico.
5. Las trazas de origen biológico elaboradas por depredadores o parásitos no se reparten al azar en el exoesqueleto de la presa. Como por ejemplo, en el caso de los orificios de perforación, elaborados por caracoles, suelen concentrar sus agujeros en un área específica de la concha, es decir que hay una selectividad del sitio, permitiendo a su vez reconocer el tipo específico de interacción bien sea depredación o parasitismo.
6. Las trazas elaboradas por depredadores son singulares, en cambio las trazas hechas por parásitos tienden a ser múltiples.
7. Presencia de una correlación entre el tamaño de los orificios y el tamaño de los especímenes que contienen las marcas, además de permitir el reconocimiento del origen de los rastros.
8. Presencia de cicatrices de fijación que se relacionan con otras trazas, sugiriendo que un organismo se fijó un tiempo prolongado mientras realizaba la perforación en el exoesqueleto de la presa.

- **Intensidad de depredación**

La intensidad de depredación o también llamada *frecuencia de depredación*, es una de las métricas más analizadas en estudios de depredación por perforación debido a los datos cuantitativos que aporta a las investigaciones. Su importancia radica en que permite estimar la frecuencia de las interacciones entre un depredador y una presa.

Esta métrica a su vez se subdivide y estima frecuencias, como las que nombraremos a continuación:

**Menor frecuencia de taxones (LTF):** Tiene como objetivo estimar la frecuencia de las interacciones u orificios de perforación para un taxón de presa de nivel inferior. Por ejemplo: en niveles de especies, géneros o familias.

**Frecuencia de ensamblaje (AF):** Tiene como objetivo estimar la frecuencia general de las interacciones depredador-presa registradas en un ensamblaje fósil, es decir una asociación o conjunto de fósiles encontrados juntos en una misma ubicación específica.

**Frecuencia más alta de taxón inferior ( $LTF_{max}$ ):** Tiene como objetivo estimar la frecuencia máxima de trazas u orificios de perforación observados entre los taxones de nivel inferior.

Continuando con la parte práctica de la actividad, se organizarán grupos de trabajo de 4 integrantes los cuales a partir de una muestra de organismos provenientes de la galería fotográfica, deberán recopilar datos sobre las generalidades de los especímenes que se les asignaron de forma individual y grupal (la sumatoria de las muestras de los integrantes del grupo).

Para esto, se utilizará de insumo una tabla (Anexo B), en la cual se registrará la información correspondiente a la intensidad de depredación o frecuencia de depredación en los organismos de la galería fotográfica asignados a cada estudiante, tomando información respecto a:

- La presencia o ausencia de orificios de perforación.
- En caso de haber orificios: se revisará la forma del orificio, el tamaño de los orificios y el número de orificios por pieza.
- Lugar de orificio de perforación (umbo, zona central o bordes marginales).

Posteriormente, a partir de dicho material, se pretende abordar ciertas métricas o fórmulas, las cuales estiman la frecuencia de las interacciones entre depredador-presa, es decir el número de evidencias o trazas que se encuentran en los especímenes, a su vez que permiten asociar este tipo de evidencias con ciertos patrones de comportamiento. Por tal razón, durante esta actividad se analizarán diferentes tamaños de muestra, así como la intensidad en algunos grupos de taxones (familias), a fin de comprender el fenómeno de la frecuencia dentro del conjunto en general de la muestra o ensamblaje, pero también en grupos particulares.

Teniendo en cuenta dicha información se opta por trabajar con estas métricas de la siguiente manera:

1. **Frecuencia de ensamblaje (AF):**

Inicialmente, abordaremos esta métrica o fórmula que estima la frecuencia general de los orificios de perforación completos realizados en el exoesqueleto de las presas en grupos de taxones superiores, en este caso Clase Bivalvia y Gastropoda.

Para esto, trabajará en grupos de 4 integrantes, a cada integrante se le asignará una muestra de 20 individuos de la galería fotográfica, con esta información cada integrante deberá calcular la frecuencia dentro de la muestra que les fue asignada. Posteriormente, teniendo en cuenta la totalidad del ensamblaje, es decir, la sumatoria de las muestras de cada uno de los miembros (dando un total 80 individuos), el grupo deberá calcular la frecuencia para esta muestra de mayor tamaño.

$$AF = \sum D_i / \sum N_i$$

$D_i$ = es el número de especímenes de especies  $i$ -ésima con al menos un rastro de depredación

$N_i$ = es el número total de especímenes de especies  $i$ -ésima en la muestra.

Luego de finalizado el análisis general del ensamblaje, se procede a estimar la frecuencia dentro de los taxones, por medio de las siguientes dos métricas que se encuentran a continuación:

2. **Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF):**

La cual consiste en estimar la frecuencia de las interacciones en cada taxón de presa de nivel inferior (típicamente especies, géneros o familias), sin embargo en este caso calcularemos hasta el nivel taxonómico de familia.

Para el uso de esta fórmula o métrica se propone un trabajo en conjunto, a partir de las muestras de dos de los grupos de trabajo organizados previamente en la métrica 1 (AF), como se sabe cada grupo tiene una muestra de 80 especímenes, por lo que al trabajar en conjunto ambas muestras nos da una muestra total de 160 especímenes. A fin de tener una muestra general con mayor número de individuos, lo cual permite que haya mayor diversidad y abundancia, información que se busca calcular a través de esta métrica.

$$LTF = D_K / N_K$$

K= es un taxón objetivo de nivel inferior en el análisis.

DK= es el número de especímenes de ese taxón que contienen una traza de depredación exitosa, es decir al menos un orificio de perforación completo.

NK= es el número total de especímenes de ese taxón en la muestra.

Adicionalmente, esta métrica permite a su vez, calcular la frecuencia de ataques fallidos, revisando la presencia de cicatrices de reparación halladas en las piezas de los moluscos de la muestra.

3. **Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX):** Esta métrica permite calcular la frecuencia máxima o más alta de trazas encontradas en un taxón de nivel inferior entre todos los taxones de la muestra estudiada, es decir la familia, con mayor número de trazas registradas. Para esta métrica, se propone continuar con los grupos de trabajo que se conformaron en el punto anterior para la métrica 2 (LTF), por lo que se procederá a trabajar con la muestra conjunta de los 160 especímenes.

$$LTF_{MAX} = D_{MAX} / N_{MAX}$$

MAX= es un taxón de nivel inferior con la mayor frecuencia de trazas en el ensamblaje,

DMAX= es el número de especímenes de esa especie que contiene al menos un trazo de depredación exitoso,

NMAX= es el número total de especímenes de esa especie en la muestra

Para finalizar, se resalta que los resultados obtenidos de cada fórmula, permiten comprender a través del análisis de diferentes tamaños de muestra, cómo ocurre la intensidad o frecuencia de depredación para una población de moluscos, asimismo este laboratorio brinda herramientas útiles para el análisis de muestras de moluscos fósiles de interés para estudios paleoecológicos de depredación por perforación.

## **Bibliografía**

Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismos i sistemes*, 57-64.

Camacho, H. (2007). Los invertebrados fósiles. Fundación de Historia Natural Félix de Azara: Universidad Maimónides. 2007. P. 800.

Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

### **Anexo B - Actividad 4**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

**Ficha de información - Laboratorio No. 3 - Depredación por perforación (introducción y análisis de frecuencia)**

| No. de Especimen | Clasificación taxonómica (Clase/ Familia) | Evidencia de depredación (SI / NO) | Tamaño del orificio de perforación | Lugar del orificio de perforación | Observaciones adicionales |
|------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                  |   |                                    |                                    |                                   |                           |
|                  |   |                                    |                                    |                                   |                           |



|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Teniendo en cuenta la información registrada, mencione para cada una de las métricas los resultados al momento de realizar las ecuaciones:

1. **Frecuencia de ensamblaje (AF):** resultados de los 4 integrantes del grupo y de la muestra de 80 especímenes.

| Nombre del taxón | Sumatoria de $D_i$ | Sumatoria de $N_i$ | Total AF |
|------------------|--------------------|--------------------|----------|
|                  |                    |                    |          |

2. **Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF):** resultados conjuntos de los 8 integrantes del grupo y de la muestra de 160 especímenes.

| <b>Nombre del taxón</b> | <b>D<sub>k</sub></b> | <b>N<sub>k</sub></b> | <b>Total LTF</b> |
|-------------------------|----------------------|----------------------|------------------|
|                         |                      |                      |                  |
|                         |                      |                      |                  |
|                         |                      |                      |                  |
|                         |                      |                      |                  |
|                         |                      |                      |                  |
|                         |                      |                      |                  |

3. **Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX):** resultados conjuntos de los 8 integrantes del grupo y de la muestra de 160 especímenes.

| <b>Nombre del taxón</b> | <b>D<sub>MAX</sub></b> | <b>N<sub>MAX</sub></b> | <b>Total LTF<sub>MAX</sub></b> |
|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|
|                         |                        |                        |                                |

## **Actividad 5.**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

### **Laboratorio No. 4 - Depredación por perforación (análisis de selectividad)**

**Objetivo:** Comprender los tópicos que se abordan en los análisis de selectividad de depredación a través de una muestra de moluscos fósiles.

#### **Materiales**

- Galería fotográfica
- Libreta de apuntes
- Calculadora
- Tabla de sistematización - Laboratorio No. 4: Depredación por perforación (análisis de selectividad)

El presente laboratorio se desarrollará a partir de una galería fotográfica de los especímenes de la muestra de moluscos fósiles, en la cual está incluida información taxonómica y dimensiones del organismo (longitud y altura).

Para esta actividad se plantean las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Algunas características morfológicas del espécimen influyen en la selección por parte de ciertos depredadores?
- ¿Existen regiones dentro del exoesqueleto del organismo, donde se evidencie la selectividad del depredador?
- ¿Existe una correlación del tamaño de la presa y el tamaño del depredador?

Al igual que las anteriores actividades, este laboratorio consta de una parte teórica en la cual se profundizará sobre otras características de esta interacción de depredación, resaltando para el caso de este laboratorio, las preferencias que tienen algunos depredadores por aspectos como el taxón de la presa, el sitio del orificio de perforación y el tamaño de la presa. A continuación profundizaremos en dichos aspectos de la siguiente manera:

- **Análisis de selectividad**

Es la segunda métrica o foco analítico de gran importancia en investigaciones sobre rastros de depredación, la cual a partir de patrones de selectividad en la distribución no aleatoria de los rastros a través de los taxones de presas (selectividad de taxones), en diferentes áreas de las conchas de las presas (selectividad de sitio) y entre presas con variedad de tamaños (selectividad de tamaño). (Kowalewski, 2002) son objeto de análisis precisando más indicios sobre la naturaleza de las interacciones de depredación.

**Selectividad de taxones:** Los depredadores en general son selectivos al momento de elegir la especie o taxón de sus presas, esto indica que hay un taxón determinado que es atacado con mayor frecuencia de lo

esperado, este índice permite detectar los taxones de presas que presentan proporciones de rastros altos o bajos, en relación a estudios de caso previos, como por ejemplo la selectividad de depredadores Naticidae y Muricidae. Para esto, se hace el cálculo de la abundancia relativa de organismos en el ensamblaje, relacionando dicho valor con las trazas encontradas en las piezas conservadas de las presas pertenecientes a la muestra.

No obstante, al momento de estudiar este tipo de selectividad en un ensamblaje fósil, existen algunos casos que pueden llegar a influir en los resultados del estudio, uno de ellos ocurre cuando ciertos individuos de un taxón presa a pesar de encontrarse dentro del mismo ensamblaje, no llegaron a ser seleccionados por depredadores, esto debido a que no hubo un encuentro entre la presa y el depredador, lo que nos indica que la selectividad para el caso de un ensamblaje fósil no en todos los casos refleja como tal la selectividad activa.

Otro problema que se puede presentar en el análisis de selectividad (según Leighton, citado por Kowalewski, 2002) tiene que ver con la naturaleza secuencial de las interacciones, un ejemplo es los depredadores bentónicos los cuales, suelen encontrar una presa a la vez, lo cual refleja la frecuencia de los ataques en términos de los encuentros, más no una selección preferencial realizada por el depredador. Dicho autor respalda esta afirmación, a partir de la “regla cero-uno”, según la cual cualquier tipo de presa que puede ser capturada siempre será capturada, cuando se encuentran diferencias en la frecuencia de perforaciones entre los taxones presa, permite evidenciar bien sea la abundancia relativa o la accesibilidad que tienen los depredadores a los taxones presa (p.23).

**Selectividad de sitio:** La ubicación de los rastros dejados por un depredador en los esqueletos de sus presas puede brindar información con respecto a comportamientos que los identifican como depredadores, debido a que otros organismos también tienen interacciones en las cuales perforan o realizan orificios en otro organismo, como es el caso de organismos amensales y parásitos.

Es importante evaluar, la selectividad de sitio por las siguientes razones:

- En primer lugar, esta evidencia permite comprobar que ocurrió una interacción entre organismos o dicho de otra forma, se comprueba la naturaleza biótica de los orificios.
- En segundo lugar, identificar la selectividad de sitio, permite precisar el tipo de interacción que pudieron tener los organismos, por ejemplo, los agujeros asociados a la depredación son aquellos que se encuentran en áreas que permiten tener acceso a tejidos musculares de las presas o víctimas.

**Selectividad de tamaño:** El tamaño es sin lugar a duda, otro de los factores que son más importantes en interacciones depredador-presa, esto debido a que varias presas tienden a ser menos vulnerables a depredadores a medida que crecen, asimismo la relación costo-beneficio para los depredadores que está sujeto a los cambios en el tamaño de las presas. Ante esto podemos decir que patrones no aleatorios pueden indicar que un depredador prefiere atacar una clase de tamaño en particular, reflejando la selectividad de tamaño para individuos más pequeños, intermedios o más grandes en una población. (Kowalewski, 2002)

Cabe señalar que generalmente, se espera una correlación de tamaños, es decir depredadores más grandes comen presas más grandes, pero esta correlación puede variar con respecto al estado de conservación de los fósiles, ya que el esqueleto de una presa pequeña atacada por un depredador grande tiene menos probabilidades de ser preservado que el esqueleto de una presa grande atacada por un gran depredador, esto debido a que un gran rastro hecho en un pequeño esqueleto puede debilitar sustancialmente ese esqueleto y hacer que su conservación sea menos probable.

No obstante, para analizar y evaluar la selectividad de tamaño, se hace una comparación dentro de las muestras, revisando la distribución de frecuencias de tamaño en especímenes perforados de una presa contra la distribución de frecuencias de tamaño en especímenes no perforados de esa presa. Así mismo, otro elemento importante que se puede analizar es la correlación entre el tamaño del rastro y el tamaño de la presa, es decir una análisis bivariado, para esto se analizan los datos con respecto al tamaño, ya que en cuanto a la distribución, podemos notar que suelen representar variables discontinuas, llegando a variar levemente algunos rastros, reflejando variedad de tamaños de orificios de perforación.

Por otra parte, el último factor que suele analizarse es el costo-beneficio, se analiza para estimar la clase de tamaño esperado de presa que debería ser preferida por el depredador, dicha preferencia se contrasta con el patrón observado, en relación a la distribución de rastros en todas las clases de tamaño de presa.

Posteriormente, durante la parte práctica se conformarán grupos de 4 integrantes, cada integrante tendrá una muestra individual de 20 individuos proveniente de la galería fotográfica de los organismos de la Formación Tamiami, con la cual tendrá que diligenciar una tabla de sistematización (Anexo C) en la cual ingresará la información de los organismos en relación a las posibles categorías de selectividad de depredación que puedan identificarse al observar el material, como por ejemplo, selectividad de taxón, selectividad de sitio de perforación y selectividad de tamaño de la presa.

Una vez realizado el ejercicio de forma individual en la tabla de sistematización, se procederá a analizar la muestra total de los organismos asignados al grupo, es decir, la sumatoria de las muestras de cada uno de los integrantes, sumando en total una muestra de 80 individuos, con el fin de tener una muestra más grande y comprender de mejor manera las dinámicas reales con respecto a la selectividad de algunos depredadores sobre sus presas.

A partir de dicha muestra conjunta del grupo de trabajo se deberá calcular y analizar los siguientes tópicos de la selectividad:

- **Selectividad de taxones:** Los depredadores en general son selectivos al momento de elegir la especie o taxón de sus presas, para analizar este aspecto Kowalewski, retoma el índice de Strauss, como alternativa integradora de los aspectos positivos y negativos de otras formas o métricas que estiman la selección de presa, dicha fórmula es la siguiente:

$$L_i = R_i - P_i$$

$L_i$  = es un taxón calculado a partir de la relación de todos los especímenes con trazas encontradas en el ensamblaje.

$R_i$  = es el porcentaje de especímenes con trazas pertenecientes al taxón  $i$

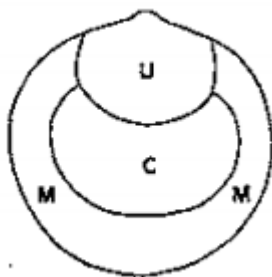
$P_i$  = es el porcentaje del taxón  $i$  en el ensamblaje.

A partir de los valores en la fórmula, el estudiante reconocerá la selectividad de taxón, relacionando la abundancia relativa con la presencia de trazas de depredación en un taxón en particular. Cabe resaltar que dicha información se consignará en la segunda parte dentro del anexo c, haciendo mención a los dos taxones que son seleccionados con mayor frecuencia, adicionalmente deberá contestar en una situación

problema, cuáles son los resultados para una muestra de 80 y 160 individuos, información que consignara en la respectiva sección dentro del anexo c.

- **Selectividad del sitio:** Es uno de los aspectos que proporcionan información útil sobre las interacciones depredador, sin embargo dentro de los enfoques analíticos, encontramos algunos como el que se pretende abordar en esta ocasión será el enfoque sectorial, el cual consiste en dividir el exoesqueleto o valva de la presa, en sectores pueden ser iguales o desiguales con el fin de adquirir información sobre el comportamiento del depredador.

Para esto, usaremos el modelo de sectores propuesto por Calvet (1992) el cual divide la valva en 3 sectores los cuales son zona, del umbo, zona central y zona marginal (imagen 6). A partir de este modelo, los estudiantes deberán representar el patrón de selectividad del sitio de perforación para cada familia y representarlo con colores que les diferencien, Cabe resaltar que dicha información, se consignará dentro del anexo C, en la sección correspondiente.



**Imagen 6. Modelo de enfoque sectorial de Calvet.** Donde U representa la zona del umbo, C la zona central y M la zona marginal. Imagen recuperada de: Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismes i sistemes*, 57-64.

- **Selectividad de tamaño:** Se calculará haciendo una comparación dentro de las muestras, revisando la distribución de frecuencias de tamaño en especímenes perforados de una presa contra la distribución de frecuencias de tamaño en especímenes no perforados de esa presa.

En cuanto a este tipo de selectividad, se estimará inicialmente la muestra conjunta de los 80 individuos provenientes del material de los 4 integrantes del grupo de trabajo, donde las observaciones de los estudiantes participantes de la actividad será un insumo importante en los análisis de patrones comportamentales, consignado en el Anexo C, los dos taxones presa que tienen mayor índice de selectividad de tamaño.

Posteriormente, se estimará la selectividad de tamaño para una muestra de mayor tamaño, es decir una muestra de 160 individuos proveniente del material de dos grupos de trabajo, permitiendo tener una mejor lectura del comportamiento de en cuanto a este tipo de selectividad, y consignando los dos taxones presa con mayor índice de selectividad de tamaño.

## Bibliografía

Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismes i sistemes*, 57-64.

Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

Strauss, R. E., 1979. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio, and a proposed linear index of food selection. *Trans. Am. Fish. Soc.* 108: 344-352.

**Anexo C - Actividad 5**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

**Tabla de sistematización - Laboratorio No. 4 - Depredación por perforación (análisis de selectividad)**

| No. de Espéimen | Clasificación taxonómica (Clase/ Familia) | Evidencia de depredación (SI/ NO) | Tamaño del orificio de perforación | Lugar del orificio de perforación | Tipo de selectividad | Observaciones de la selectividad de depredación |
|-----------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---|
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |
|                 |   |                                   |                                    |                                   |                      |   |

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Teniendo en cuenta la información registrada, anote en la siguiente tabla, cuáles son las dos familias de bivalvos que presentaron mayor número de individuos con ataques de depredadores para cada tipo de selectividad, dentro de la muestra de los 4 integrantes del grupo (80 individuos):

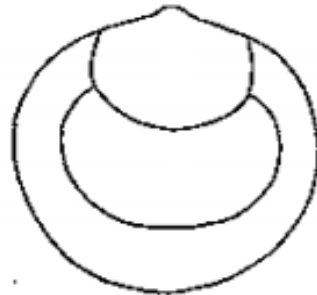
| Tipo de selectividad   | Taxón de presa 1 | No. de individuos | Taxón de presa 2 | No. de individuos |
|------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Selectividad de taxón  |                  |                   |                  |                   |
| Selectividad de tamaño |                  |                   |                  |                   |

Con el fin de conocer el comportamiento de una muestra de mayor tamaño, es decir 160 individuos, se sugiere unir los datos de dos grupos de trabajo y las muestras que les fueron asignadas, con las cuales deberá anotar en la siguiente tabla, cuáles son las dos familias de bivalvos que presentaron mayor número de individuos con ataques de depredadores para cada tipo de selectividad:

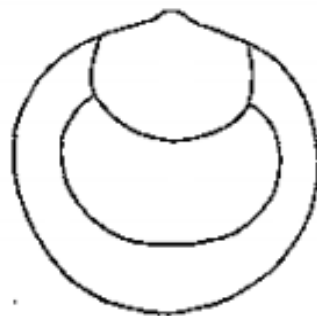
| Tipo de selectividad   | Taxon de presa 1 | No. de individuos | Taxon de presa 2 | No. de individuos |
|------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Selectividad de taxón  |                  |                   |                  |                   |
| Selectividad de tamaño |                  |                   |                  |                   |

### Selectividad de sitio

A continuación encontrará un esquema generalizado de una valva, en la cual deberá representar la selectividad de sitio para cada familia que se encuentre dentro de la muestra de 80 individuos, es decir la muestra total del grupo de trabajo.



Posteriormente, deberá representar en este esquema los patrones de selección de sitio para cada familia en una muestra de 160 individuos, es decir analizar una muestra de mayor tamaño la cual será posible al relacionar las muestras de dos grupos de trabajo.



## **Actividad 6.**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Licenciatura en Biología**

**Línea de investigación: Faunística y Conservación con Énfasis en los Artrópodos**

### **Taller análisis de patrones de depredación**

**Objetivo:** Reconocer algunos de los métodos de análisis de la información sobre los patrones de depredación en moluscos fósiles.

#### **Materiales**

- Galería fotográfica
- Libreta de apuntes
- Hojas milimetradas
- Calculadora

El presente taller consiste en analizar la información obtenida en los laboratorios anteriores, esto con el fin de que los estudiantes sepan cómo afrontar esta etapa en futuras investigaciones, para esto se pretende que conozca algunos métodos para analizar dicha información, y a partir de esto formular hipótesis con respecto a los patrones de comportamiento de depredadores y presas.

No obstante, esta información presenta un número amplio de variables que puede agruparse dentro de lo cualitativo y cuantitativo, por lo que se puede afirmar que tienen diferentes formas de representarse y dependiendo de la perspectiva de diversos autores, estas representaciones de la información pueden variar significativamente.

#### **¿Cómo analizar la información?**

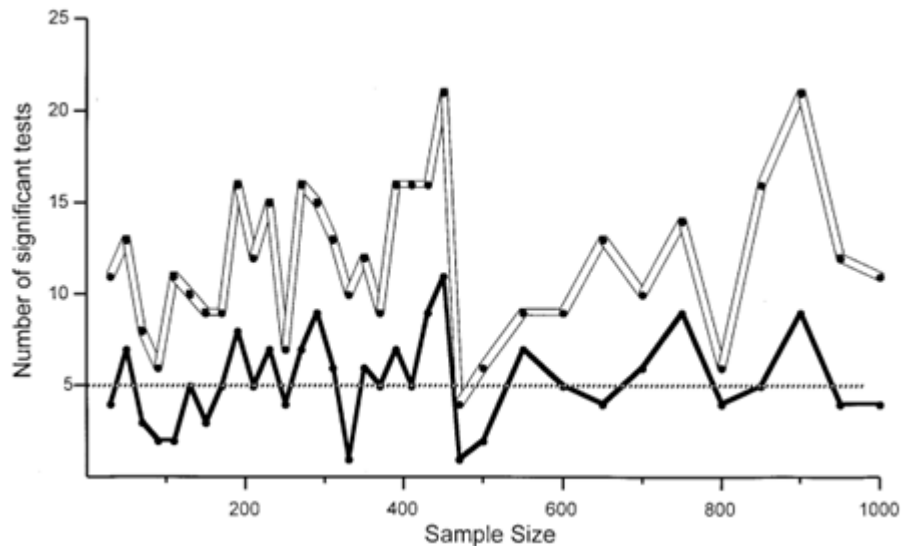
##### **Frecuencia de depredación**

En el caso de las métricas de frecuencias de depredación, cabe resaltar que teniendo en cuenta que se presentan tres fórmulas las cuales estiman diversos aspectos de la frecuencia de depredación, por lo que el método de representar dicha información puede que sea diferente entre una fórmula y otra.

- **Frecuencia de ensamblaje (AF):**

Inicialmente, abordaremos esta métrica o fórmula que estima la frecuencia general de los orificios de perforación completos realizados en el exoesqueleto de las presas en grupos de taxones superiores, en este caso Clase Bivalvia y Gastropoda.

En el caso de esta fórmula, al ser información con respecto a taxones superiores, se recomienda representar por medio de un gráfico de líneas (imagen 7), esto debido a que permite evidenciar de mejor forma el comportamiento de la frecuencia de depredación en una muestra con diversas cantidades de individuos, es decir que permite observar cómo cambian los resultados tanto para el ejercicio con la muestra de 20 individuos como con la muestra de 80 individuos.



**Imagen 7. Ejemplo de frecuencia de ensamblaje.** Imagen recuperada de: Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

- **Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF):**

La cual consiste en estimar la frecuencia de las interacciones en cada taxón de presa de nivel inferior (típicamente especies, géneros o familias), sin embargo en este caso calcularemos hasta el nivel taxonómico de familia.

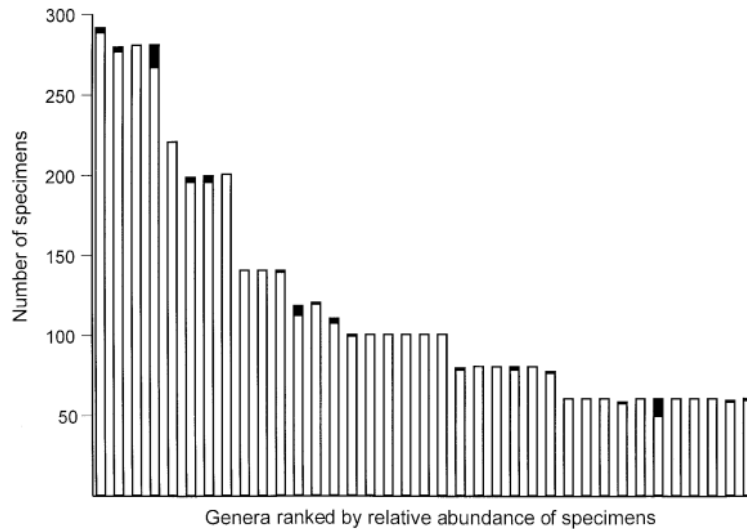
En el caso de esta fórmula, debido a que en esta métrica representaremos varios taxones con sus respectivas frecuencias, se recomienda emplear gráficas de barras, una para los resultados de la muestra inicial de 80 individuos y posteriormente otra gráfica para la muestra de 160 individuos.

- **Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX):** Esta métrica permite calcular la frecuencia máxima o más alta de trazas encontradas en un taxón de nivel inferior entre todos los taxones de la muestra estudiada, es decir la familia, con mayor número de trazas registradas.

Para este caso, se puede emplear un gráfico de línea, en el cual se haga el seguimiento de cada uno de los organismos pertenecientes al taxón-presa con la frecuencia de trazas más alta. Representando tanto la muestra de 80 individuos como la muestra de 160 individuos.

### Selectividad de depredación

- **Selectividad de taxones:** Podemos decir que usualmente los investigadores suelen hacer simulaciones por computadora con los resultados obtenidos de una investigación, usualmente los investigadores representan las métricas a través de gráficas de barras (imagen 8), en la presente imagen, podemos ver un ejemplo de evaluación de la selectividad de género en la perforación de braquiópodos. A través de este estudio de caso, es posible evidenciar cómo las variables que se manejan en estas fórmulas, se pueden representar y analizar de mejor forma los resultados.



**Imagen 8. Ejemplo de evaluación de la selectividad de género en la perforación de braquiópodos del Pérmico en el oeste de Texas.** Imagen recuperada de: Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

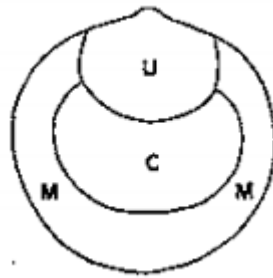
Cabe resaltar, que las fórmulas de frecuencia de depredación que abordamos a lo largo de las actividades y laboratorios, tienen formas de representación similares, es decir que al momento de graficar la información, usualmente los gráficos de barras son la mejor opción y en algunos casos los gráficos de líneas.

- **Selectividad del sitio:** Es uno de los aspectos que proporcionan información útil sobre las interacciones depredador-presa, sin embargo, dentro de los enfoques analíticos, encontramos algunas estrategias analíticas que se desarrollaron a través de las investigaciones de diversos autores:
  1. **Enfoque cualitativo:** El cual se basa en la superposición de todas las trazas en un elemento “estándar”, este enfoque da la posibilidad de definir sectores significativos en términos biológicos, los cuales sirven de base para comprobar hipótesis específicas en torno a la naturaleza de los rastros. (Kowalewski, 2002) Sin embargo, este método presenta la particularidad de que es un proceso altamente impreciso y que la naturaleza de sus datos aporta a otros enfoques más que al mismo enfoque cualitativo.

Por lo que podemos decir que su forma de representar este enfoque, debido a su naturaleza imprecisa de los datos, no hay una forma aún definida de cómo se debe graficar la información.

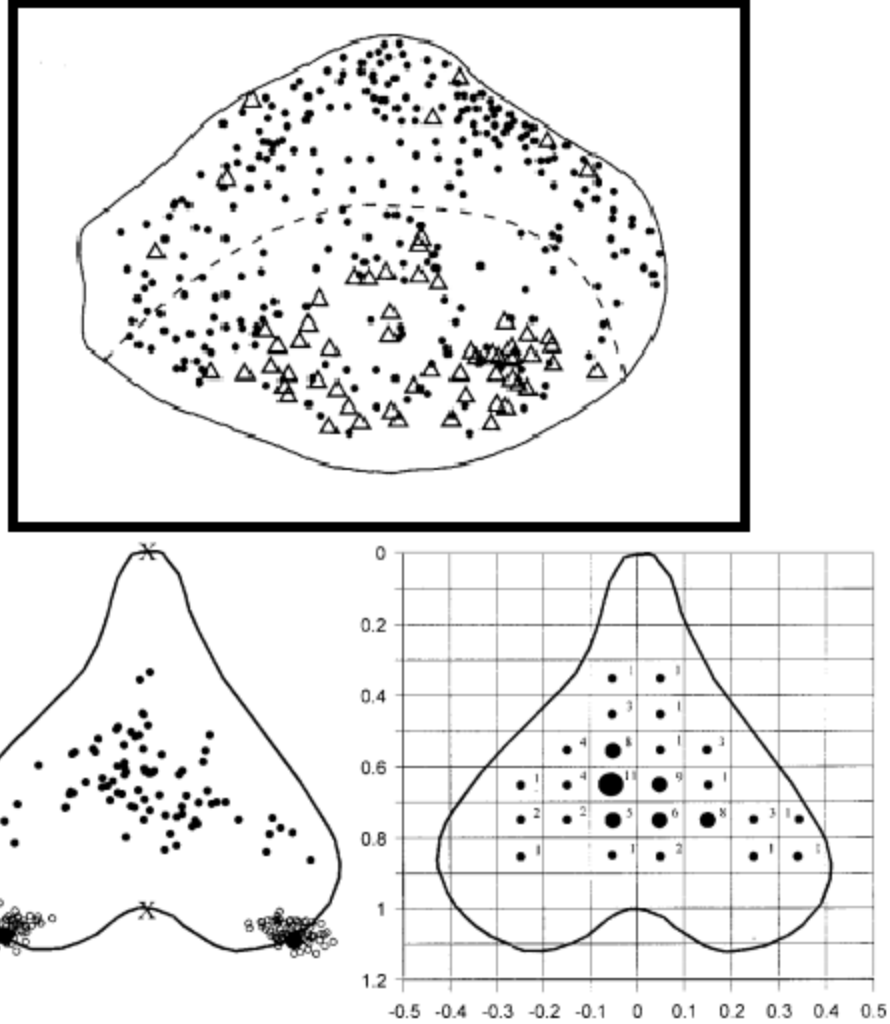
2. Enfoque sectorial: El cual consiste en dividir el exoesqueleto o valva de la presa, en sectores pueden ser iguales o desiguales con el fin de adquirir información sobre el comportamiento del depredador. Esta distribución de trazas se puede evaluar a partir de pruebas de homogeneidad y algunos índices como el índice de uniformidad de Shannon-Weaver o métodos por computadora.

Para esto, usaremos el modelo de sectores propuesto por Calvet (1992) el cual divide la valva en 3 sectores los cuales son zona, del umbo, zona central y zona marginal (imagen 6). A partir de este modelo, los estudiantes deberán representar el patrón de selectividad del sitio de perforación para cada familia y representarlo con colores que les diferencien, Cabe resaltar que dicha información, se consignará dentro del anexo C, en la sección correspondiente.



**Imagen 6. Modelo de enfoque sectorial de Calvet.** Donde U representa la zona del umbo, C la zona central y M la zona marginal. Imagen recuperada de: Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismos i sistemes*, 57-64.

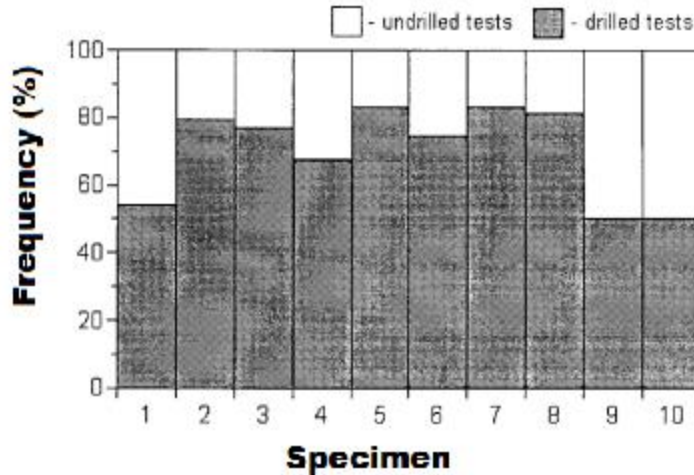
3. Enfoque angular: Dicho enfoque puede aplicarse a superficies esqueléticas que pueden ser calculadas a partir de ángulos, como es el caso de las conchas de los caracoles o de amonitas. Para esto, la posición de las trazas se medirá usando variables continuas en unidades como radianes o grados.
4. Enfoque Esclerocronológico: Este enfoque puede aplicarse a cicatrices de reparación en organismos con ejes de crecimiento claramente definidos, la distribución de las trazas ubicadas en los ejes de crecimiento nos brinda información sobre la distribución de los ataques fallidos en edades / tamaño de las clases de presas. Asimismo, algunos autores utilizan el enfoque para detectar la estacionalidad de la depredación. (Kowalewski, 2002)
5. Enfoque de puntos de referencia o landmarks: Un enfoque propuesto por Roopnaire y Beussink (1999), los cuales proponen los agujeros de perforación como puntos de referencia bidimensionales (imagen 9), “Esta estrategia nos permite aplicar técnicas morfométricas modernas (...) para calcular la posición de los orificios de perforación en relación con puntos de referencia homólogos y pseudo-puntos de referencia en el esqueleto de la presa” (Kowalewski, 2002, p.26). Es de resaltar que es una forma efectiva de cuantificar la información mediante una integración de los datos de comportamientos de organismos depredadores junto con información referente a la morfología de la presa.



**Imagen 9. Ejemplos de estrategias para evaluar la selectividad del sitio de perforación.** En la siguiente imagen vemos el enfoque por puntos de referencia del análisis de selectividad de sitio . Imagen recuperada de: Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

- **Selectividad de tamaño:**

Una forma analítica simple de evaluar la selectividad de tamaño es comparar, dentro de las muestras o colecciones, las distribuciones de frecuencia de tamaño, en inglés, *Size-Frequency Distributions* (SFD) de especímenes perforados de una presa dada contra el SFD de especímenes no perforados de esa presa. Dicha comparación puede realizarse a partir de una gráfica de líneas, en donde cada una de las líneas evidencie la respectiva distribución de frecuencia de tamaño para organismos perforados y no perforados, o también una gráfica de barras (imagen 10), diferenciando por colores los especímenes perforados y los no perforados.



**Imagen 10. Ejemplo de selectividad de tamaño.** Imagen recuperada de: Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

En el caso de esta actividad al igual que en actividades previas, se realizarán dos momentos, sin embargo, se cambiará la organización de estos:

- Inicialmente se realizará la parte práctica en la cual los estudiantes resolverán preguntas problemas acerca de la frecuencia y selectividad abordadas con anterioridad, a fin de abarcar la información relevante y que puede dar indicios de los patrones de comportamiento evidenciables en la muestra de moluscos fósiles.
- Posteriormente, en el segundo momento de la actividad, los estudiantes participantes socializarán los resultados de la actividad, haciendo énfasis en las hipótesis que formularon los integrantes del grupo con respecto a la información obtenida. Una vez realizada la socialización, el docente a cargo de la actividad, retroalimentará el proceso realizando una explicación profundizando en otros métodos de análisis de la información e hipótesis que autores de esta temática abordan al analizar muestras con condiciones similares.

### Frecuencia de depredación

1. Formule una hipótesis de investigación, la cual según la define Sampieri et. al., (1998) como: “explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones” (p. 122). Teniendo en cuenta los elementos hallados al momento de estudiar las muestras asignadas por ejercicio, con respecto a las métricas que se enuncian a continuación:

Frecuencia de ensamblaje (AF): resultados de los 4 integrantes del grupo, es decir de la muestra de 80 individuos.

Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF): resultados conjuntos de los 8 integrantes del grupo, es decir de la muestra conjunta de 160 individuos, producto del trabajo de dos equipos de trabajo.

Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX): resultados conjuntos de los 8 integrantes del grupo, es decir de la muestra conjunta de 160 individuos, producto del trabajo de dos equipos de trabajo.

2. Grafique la información obtenida para cada una de las métricas de frecuencia de depredación.

Frecuencia de ensamblaje (AF):

Frecuencia de taxones de nivel inferior (LTF):

Frecuencia máxima entre taxones de nivel inferior (LTFMAX):

### **Selectividad de depredación**

1. Formule una hipótesis de investigación, la cual según la define Sampieri et. al., (1998) como: “explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones” (p. 122). Teniendo en cuenta los elementos hallados al momento de estudiar las muestras asignadas por ejercicio, a partir de las preguntas orientadoras que se enuncian para cada una de las métricas que se enuncian a continuación:

### Selectividad de taxón

- ¿Considera que unos individuos de cierto taxón recibieron más ataques que otros?
- ¿Considera que la ornamentación de la valva influyó en la selectividad de taxón?

### Selectividad de tamaño

- ¿Existe una relación entre el tamaño del organismo y la presencia de orificios de depredación?
- ¿Hay una correlación del tamaño del organismo y el tamaño del orificio?

2. ¿De qué forma graficaría la información obtenida para cada uno de los tópicos de selectividad de depredación?

### Selectividad de taxón

### Selectividad de tamaño

## Selectividad de sitio de perforación

### **Bibliografía**

Calvet, C. (1992). Borehole site-selection in *Naticarius hebraeus* (Chemnitz in Karsten, 1789)(Naticidae: Gastropoda)?. *Orsis: organismes i sistemes*, 57-64.

Kowalewski, M. (2002). The fossil record of predation: an overview of analytical methods. *The Paleontological Society Papers*, 8, 3-42.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 1, pp. 233-426). México, DF: Mcgraw-hill.