

**IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MANUAL DE LABORRATORIO Y AULA  
VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA LA ENSEÑANZA PRÁCTICA DE LA  
PALEONTOLOGÍA**

**JENNY ROXANA ARIZA BAREÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2016**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MANUAL DE LABORRATORIO Y AULA  
VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA LA ENSEÑANZA PRÁCTICA DE LA  
PALEONTOLOGÍA**

**JENNY ROXANA ARIZA BAREÑO**

**Trabajo de grado para optar al título de Geóloga**

**Director**

**LUIS ENRIQUE CRUZ GUEVARA**

**Geólogo, PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	8
1. OBJETIVOS.....	10
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2. ESTADO DEL ARTE.....	11
2.1 FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA PALEONTOLOGÍA .....	11
2.2 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS PARA APOYAR EL APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA PALEONTOLOGÍA .....	13
2.2.1 Aprendizaje colaborativo.....	14
2.2.2 Desarrollo de competencias científicas y profesionales.....	14
2.2.3 Desarrollo del pensamiento crítico.....	15
2.3 APLICACIÓN DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR .....	16
2.3.1 Ventajas de los entornos virtuales de aprendizaje, EVEA .....	16
2.3.2 ¿Qué es un Aula Virtual de Aprendizaje? .....	16
2.3.3 Elementos que componen un AVA .....	17
2.3.4 Implementación y resultados de las plataformas virtuales de aprendizaje en el mundo. ....	18
2.4 PLATAFORMA MOODLE .....	20
2.4.1 Aspectos generales. ....	20
2.4.2 Herramientas y recursos .....	20
3. METODOLOGÍA .....	22
4. CONCLUSIONES .....	24
5. RECOMENDACIONES.....	26

BIBLIOGRAFÍA.....27  
ANEXOS .....30

## LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

ANEXO A. Manual “Paleontología aplicada” para el desarrollo de las practicas de laboratorio de la asignatura paleontología. ....	30
ANEXO B. Contenido del aula virtual de aprendizaje implmentada para el apoyo de las prácticas de laboratorio de la asignatura paleontología. ....	283

## RESUMEN

**TÍTULO:** IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO MANUAL DE LABORATORIO Y AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA LA ENSEÑANZA PRÁCTICA DE LA PALEONTOLOGÍA.\* \*

**AUTOR:** ARIZA BAREÑO, Jenny Roxana\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Manual, Paleontología, Aula Virtual, Competencias, Geología, Prácticas Laboratorio.

### DESCRIPCIÓN

El módulo práctico es la base de la asignatura Paleontología, pues permite al estudiante entrar en contacto con los fósiles; por tanto, teniendo en cuenta los nuevos estándares pedagógicos requeridos por la Universidad y acorde a los avances tecnológicos y de acceso a la información, se hace evidente la necesidad de crear nuevas herramientas para la enseñanza, que se encuentren actualizadas, que permitan ampliar los conocimientos de los estudiantes y mejorar el perfil profesional de los mismos.

El manual de laboratorio, titulado “Paleontología Aplicada”, recopila material bibliográfico sobre los temas que se encuentran actualmente contenidos en la asignatura e igualmente incluye información sobre temáticas de interés que no están contenidas en el curso y que es necesario incluir como apoyo de las prácticas de laboratorio. El documento cuenta con diez guías en total, cada una estructurada de la siguiente manera: objetivos, material requerido, marco teórico, procedimiento y desarrollo de preguntas, éste último, dividido en una etapa de trabajo individual, que incluye una fase de observación y una de descripción; y una segunda etapa de trabajo en grupo, que busca incentivar el debate entre los alumnos por medio de la resolución de preguntas analíticas e interpretativas.

El Aula Virtual de Aprendizaje implementada para el curso, es una herramienta diseñada para el apoyo de la asignatura, que cuenta con información diferente a la incluida en el manual, en donde cada uno de los temas del AVA corresponde a una de las prácticas del laboratorio. En cada tema, el alumno puede acceder al catálogo de muestras del grupo taxonómico de interés, en donde se muestra la fotografía de los fósiles del laboratorio con su correspondiente descripción; así mismo, el Aula cuenta con un banco de preguntas con su respectiva retroalimentación, que busca afianzar en el estudiante los conceptos vistos en la asignatura.

---

\*Proyecto de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Geología, Director: Luis Enrique Cruz Guevara, PhD

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF A NEW LABORATORY MANUAL AND VIRTUAL TOOL FOR THE PRACTICE TEACHING OF THE PALEONTOLOGY COURSE.\* \*

**AUTHOR:** ARIZA BAREÑO, Jenny Roxana\*\*

**KEYWORDS:** Manual, Paleontology, Virtual Tool, Competences, Geology, Practice Laboratory.

### DESCRIPTION

The practical module is the basis of Paleontology course, since in this the student can contact fossils and implement the knowledge acquired; therefore, taking into account the new educational standards required by the University and in line with technological advances and access to information, the need to create new tools for teaching this subject, they are updated, enabling it becomes clear broaden the knowledge of students, and thus improve the professional profile of the same.

The laboratory manual entitled "Paleontology Applied" collect literature about the subjects that are currently contained in the Paleontology subject, and also includes information about topics of interest that are not contained in the course and it's important to include as complement and support of laboratory practices. The document has ten guides in total, each structured as follows: objectives of practice, required material, theoretical framework, process and development of questions, the latter divided into a stage of individual work, including a phase of observation and description; and a second stage of group work, which seeks to encourage debate among students through solving analytical and interpretive questions.

On the other hand, the Virtual Tool implemented for the course is an additional tool designed to support the subject, in this case, features different from the one included in the manual information, where each of the ten themes of AVA corresponds to one of the laboratory practices. In each theme, the student can access the catalog of samples of the taxonomic group of interest, where photography fossil laboratory is shown with its corresponding description; likewise, the Aula has a bank of multiple-choice questions with their respective feedback, which seeks to reinforce the student the concepts seen in the course.

---

\*Degree proyect

\*\*Faculty of Physicochemical Engineering, Geology School, Director: Luis Enrique Cruz Guevara, PhD

## INTRODUCCIÓN

El curso Paleontología general en la Escuela de Geología se inició en 1982 con el propósito de capacitar al estudiante para el reconocimiento, análisis y evaluación del contenido fósil en una secuencia estratigráfica para su posterior interpretación. El programa cuenta con cuatro horas teóricas semanales, no obstante, es el módulo práctico la base del curso ya que mediante éste el estudiante puede entrar en contacto con los fósiles y poner en práctica los conocimientos adquiridos. Desde la implementación de la asignatura, la única herramienta que se ha utilizado y que aún está presente para la enseñanza práctica de esta materia es el manual "Paleontología de invertebrados", creado en el año 1997. Con el fin de fortalecer las competencias de los estudiantes, se propone la creación de un nuevo manual de laboratorio llamado "Paleontología Aplicada" y la implementación de un Aula Virtual de Aprendizaje para enriquecer y apoyar los procesos de enseñanza de la asignatura.

Con base en lo anterior se lleva a cabo el desarrollo de este libro, en donde se detallan los conceptos pedagógicos y educativos que se tuvieron en cuenta para realizar tanto el manual de laboratorio como el Aula Virtual de Aprendizaje y las competencias que se quieren desarrollar en los estudiantes que cursan la asignatura; de igual manera, se plasma la importancia de incluir los entornos virtuales de aprendizaje en la educación superior y se presentan los resultados obtenidos por otras Universidades al implementar éstas herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza.

El manual de laboratorio que resulta de este proyecto de grado y se anexa al final del documento, busca mejorar las prácticas de laboratorio ya que su enfoque principal es la creación de nuevas competencias basadas en la interpretación de las características morfológicas observadas en los especímenes fósiles y no solo

enfocadas en clasificaciones taxonómicas de los grupos invertebrados que en muchas ocasiones se vuelven procedimientos sistemáticos y repetitivos; el documento cuenta con un total de diez prácticas que abarcan el estudio de todos los grupos taxonómicos que imparte la asignatura; cada una de las guías presenta los objetivos de la práctica a desarrollar, el material requerido para la misma, un marco teórico realizado a partir de información confiable obtenida en libros, artículos y documentos en línea; y el procedimiento y desarrollo de preguntas a realizar, en donde se incluyen la resolución de preguntas interpretativas y el estudio de casos.

De igual manera, al final del documento y como otro anexo, se muestra todo el detalle del proceso que se llevó a cabo para la implementación del Aula Virtual de Aprendizaje; se muestran los pasos a seguir para ingresar al sitio, el contenido de la misma, y el banco de preguntas generado para la asignatura. La inclusión de esta herramienta para la enseñanza del curso es de gran importancia para los alumnos ya que este material virtual les permitirá ampliar su conocimiento sobre la asignatura de una manera fácil y sin implicar un costo adicional para ellos; además, por medio del Aula Virtual de Aprendizaje podrán realizar retroalimentaciones y aclarar preguntas sobre los temas vistos en el laboratorio mientras se eliminan barreras como la timidez entre alumnos y docente.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OJETIVO GENERAL**

Implementar un manual de laboratorio y un Aula Virtual de Aprendizaje para el desarrollo de las prácticas de la asignatura Paleontología General.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar material bibliográfico sobre los temas que se encuentran actualmente contenidos en la asignatura Paleontología General para construir el manual de laboratorio y Aula Virtual de Aprendizaje.
- Recopilar material bibliográfico sobre temáticas de interés que no están contenidas en la asignatura Paleontología General y que es necesario incluir como complemento y apoyo de las prácticas de laboratorio.
- Elaborar material de apoyo como bancos de imágenes, reconstrucciones paleoecológicas y formulación de preguntas analíticas e interpretativas que apoyen al estudiante para la comprensión de los procesos geológicos que afectaron los especímenes fósiles estudiados.
- Implementar un Aula Virtual de Aprendizaje que acompañe los procesos de enseñanza de la Paleontología General y permita a los alumnos matriculados en dicha asignatura acceder a los contenidos del curso de una manera didáctica.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA PALEONTOLOGÍA

A través de los años el estudio paleontológico ha contribuido en gran medida a las ciencias de la tierra ya que es una herramienta clave para realizar dataciones, interpretar paleoambientes y entender la evolución de nuestro planeta por medio de la relación entre los sistemas biológicos y el medio ambiente; así mismo, se prevé que en el futuro el registro fósil será tan o más importante para las disciplinas que impacta<sup>1</sup>, por tanto, en la Escuela de Geología es fundamental alcanzar un alto nivel académico respecto a esta disciplina para que los alumnos egresados puedan ser competentes laboralmente.

Babin (1981) plantea que para alcanzar tales niveles académicos es necesario implementar un nuevo sistema pedagógico ya que en muchas situaciones, la enseñanza de la Paleontología se reduce a una presentación sistemática de los fósiles, en donde el estudiante se limita únicamente a clasificar taxonómicamente los especímenes de interés por medio del diagnóstico de familias y géneros, convirtiendo las prácticas paleontológicas en simples ejercicios de memoria que no incentivan las capacidades cognitivas de los alumnos<sup>2</sup>.

El manual de Paleontología actual “Paleontología de Invertebrados” del año 1997 es una herramienta interesante porque se basa en el cuestionamiento continuo, pero falla en que los interrogantes planteados corresponden a respuestas simples basadas en la morfología o modo de vida de los organismos. Los

---

<sup>1</sup> Jablonskia, D. & Shubinb, N. H. The future of the fossil record: Paleontology in the 21st century. PNAS. 12 (16): 2015. 4852-4858 pp.

<sup>2</sup> Babin, C.¿Qué paleontología conviene enseñar?. Acta Geológica Hispánica. 16(1): 1981. 95-102 pp.

cuestionamientos actuales deben sustentarse en el desarrollo del pensamiento científico y crítico, por lo tanto, lo que se propone con el nuevo manual de laboratorio es renovar la enseñanza de esta disciplina y enfocar la materia en otros aspectos que generen más conocimiento y que permitan al alumno mantener debates geológicos actuales, fomentando el estudio de una sistemática crítica y dinámica, así mismo, es fundamental introducir problemas generales referentes al análisis morfofuncional, a las aproximaciones paleoecológicas, los problemas de la evolución y las implicaciones estratigráficas y paleogeográficas<sup>3</sup>.

Mediante el estudio paleoecológico se pretende que el alumno pueda situar los ecosistemas modernos en su contexto antiguo mediante el análisis de los distintos procesos que han afectado los ecosistemas a lo largo de los periodos geológicos. Como plantea Meléndez (1998), el estudio de los ambientes en que vivieron los organismos del pasado por medio de la interpretación de estructuras adaptativas desarrolladas por estos especímenes para sobrevivir y adaptarse a su entorno puede sin duda desarrollar en el estudiante nuevas competencias enfocadas en la creatividad y el pensamiento analítico, dando paso a la discusión y al debate en el aula de clase y fomentando la comunicación<sup>4</sup>. Igualmente, es importante promover en los estudiantes este tipo de estudio para formar profesionales completos y competentes con un gran campo laboral ya que actualmente la paleoecología ha alcanzado gran importancia<sup>5</sup>. De igual forma se recomienda profundizar en el estudio paleoecológico, pues hace énfasis en que por medio de este, el alumno finalmente logra correlacionar el espécimen fósil estudiado in situ con un contexto sedimentario para proponer un posible ambiente de formación, lo cual lleva al estudiante a recurrir a distintos campos como la sedimentología y estratigrafía para dar soporte a sus hipótesis.

---

<sup>3</sup> Babin, C. ¿Qué paleontología conviene enseñar?. *Acta Geológica Hispánica*. 16(1): 95-102 pp.

<sup>4</sup> Meléndez, B. 1998. *Tratado de Paleontología*. Volumen 1. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC - CSIC Press): 1981. 457 pp.

<sup>5</sup> Patarroyo, P. *Notas de clase: Principios de Paleontología*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Departamento de geociencias: 2005. 117 pp.

Al igual que el estudio paleoecológico, el análisis morfofuncional también conlleva a desarrollar competencias en los estudiantes, ya que al tratarse de la rama de la paleontología que intenta relacionar las estructuras presentes en los organismos fósiles con la función que realizarían cuando este se encontraba vivo puede llevar al alumno a la observación y al análisis interpretativo<sup>6</sup>.

## **2.2 IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS HERRAMIENTAS PARA APOYAR EL APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA PALEONTOLOGÍA**

Para desarrollar las competencias actuales y ajustarse a los cambios tecnológicos en el laboratorio de Paleontología General de la escuela de Geología, primero se deben cambiar algunas estrategias de aprendizaje implementadas en la enseñanza de esta asignatura, pues es evidente que existen algunas falencias. Basados en los estándares pedagógicos propuestos por la Universidad Industrial de Santander se requieren de estrategias innovadoras que promuevan la formación tanto académica como personal de los estudiantes<sup>7</sup>. Se considera que “El Aprendizaje Colaborativo” desarrollado de manera correcta, podría solucionar algunos de los problemas en el Laboratorio de Paleontología.

Lo que se busca con el nuevo manual de laboratorio es que por medio de la formulación de preguntas científicas se logre incentivar en el alumnado competencias científicas y pensamiento crítico mediante la resolución de problemas y el estudio de casos, ya que según Corredor et al.<sup>8</sup> son unas de las estrategias de aprendizaje más importantes pues permiten al alumno formular

---

<sup>6</sup> Meléndez, B. 1998. p. 6. Op. cit.

<sup>7</sup> Corredor, M. V., Pérez M. I. & Arbeláez, R. Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander: 2009. 239 pp.

<sup>8</sup> Corredor, M. V., Pérez M. I. & Arbeláez, R. Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander: 2009. 239 pp.

hipótesis, establecer variables y factores involucrados y desarrollar habilidades cognitivas para encontrar una solución acertada.

**2.2.1 Aprendizaje colaborativo.** Cuando hablamos de aprendizaje colaborativo hacemos referencia a un modelo educativo en donde los profesores animan a los estudiantes al uso de su propio conocimiento, a soportar cualquier crítica de una temática con evidencia, a desarrollar un pensamiento crítico y creativo y a participar en diálogos abiertos y significativos mediante el trabajo en grupo; sin embargo, este aprendizaje solo es efectivo si hay una interdependencia entre los alumnos que están colaborando, es decir, que cada uno de ellos tenga la necesidad de compartir información, que sea necesario dividir el trabajo entre los miembros del grupo y que tengan la necesidad de compartir el conocimiento en términos explícitos<sup>9</sup>. Para lograr tal aprendizaje entre los alumnos que cursan la asignatura de interés, se debe comenzar con el mejoramiento de la comunicación entre los estudiantes para así estimular un aumento y buen manejo del vocabulario, se deben igualmente implementar estrategias para mejorar la comprensión lectora y la composición de textos ya que estas actividades permiten desarrollar habilidades lingüísticas y cognitivas como el análisis y la creatividad<sup>10</sup>.

## **2.2.2 Desarrollo de competencias científicas y profesionales**

**2.2.2.1 Concepto de competencia:** Se definen “competencias” como la integración de conocimientos, destrezas y actitudes que permiten el desempeño profesional de calidad. Desde el punto de vista académico constituyen, por tanto, el resultado de un proceso de aprendizaje que deberá garantizar que los alumnos

---

<sup>9</sup> Collazos, C., Guerrero, L. A. & Vergara, A. Aprendizaje colaborativo: un cambio en el rol del profesor. Actas del Tercer Congreso de Educación Superior en Computación. Punta Arenas, Chile: 2001. 10 pp.

<sup>10</sup> Corredor et al., 2009. Op. cit., p. 7

sean capaces de integrar los conocimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades que exigen los perfiles profesionales<sup>11</sup>.

**2.2.2.2 Competencias científicas:** Cuando nos referimos a competencias científicas hacemos énfasis en la capacidad de una persona para adquirir y generar conocimientos. Son las competencias necesarias para resolver problemas y construir representaciones elaboradas de fenómenos o de acontecimientos en el campo de investigación en el cual se desempeña un individuo, independientemente de la tarea social que desempeñe. Por medio de estas competencias puede comprender su entorno y desarrollar capacidades críticas, reflexivas y analíticas<sup>12</sup>. Hoy en día es importante formar estudiantes que no teman expresarse, que sean capaces de enfrentar y resolver problemas mediante pensamientos reflexivos, analíticos, creativos y autónomos, siendo esta la relevancia del proyecto a desarrollar.

**2.2.3 Desarrollo del pensamiento crítico.** Entendemos por pensamiento crítico al proceso de analizar y valorar el pensamiento con el propósito de mejorarlo. Involucra ciertos aspectos como el dominio del contenido y el aprendizaje en profundidad; por medio de este, el estudiante aprende a pensar para llegar a conclusiones, defender posiciones, analizar conceptos, teorías y explicaciones y aceptar las contradicciones e inconsistencias de su pensamiento. Cuando el pensamiento crítico no es la base del proceso de estudio, el aprendizaje memorístico se convierte en el recurso primario.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> González, V. & González, R.M. Competencias genéricas y formación profesional: un análisis desde la docencia universitaria. En: Revista Electrónica “Revista Iberoamericana de Educación”, No. 47. 2008.

<sup>12</sup> Hernández, A. ¿Qué son las Competencias Científicas?. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Foro educativo nacional: 2005. 30 pp.

<sup>13</sup> Paul, R. & Elder, L. Estándares de competencia para el pensamiento crítico. Fundación para el pensamiento crítico: 2005. 61 pp.

## 2.3 APLICACIÓN DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

**2.3.1 Ventajas de los entornos virtuales de aprendizaje, EVEA.** La introducción de nuevas tecnologías como herramientas claves para el aprendizaje se ha vuelto una necesidad en la Escuela de Geología, ya que como plantea Molina<sup>14</sup>, con el auge de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), y con la gran cantidad de posibilidades que ofrece Internet, la formación de los estudiantes por medio de la red optimiza el proceso de aprendizaje y proporciona una enseñanza personalizada que incluye a su vez un seguimiento continuo de los progresos del alumnado, eliminando barreras espacio-temporales.<sup>15</sup> De la misma manera, la formación en ambientes virtuales de aprendizaje plantea una gran cantidad de ventajas para alumnos y docentes, ya que mediante esta alternativa se logran superar los límites del aula, permite un uso flexible del tiempo por parte de los estudiantes, emplea una diversidad de medios y recursos que permite adaptarse al modo de aprender de cada alumno, promueve igualmente la autonomía de los participantes y da paso a desarrollar un pensamiento creativo y constructivo mediante el uso de tecnología de vanguardia.<sup>16</sup>

**2.3.2 ¿Qué es un Aula Virtual de Aprendizaje?.** Es importante resaltar que para este proyecto entendemos como Aula Virtual de Aprendizaje a los espacios y sitios en Internet pensados para la enseñanza y en donde se busca hacer un uso educativo de la web.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> Molina, A. Las TIC en la Educación Superior como Vía de Formación y Desarrollo Competencial en la Sociedad del Conocimiento. ReiDoCrea. Revista electrónica de investigación Docencia Creativa. Vol. 1: 106-114 2012. pp. 14

<sup>15</sup> Molina, A. Las TIC en la Educación Superior como Vía de Formación y Desarrollo Competencial en la Sociedad del Conocimiento. ReiDoCrea. Revista electrónica de investigación Docencia Creativa. Vol. 1: 2012. 106-114 pp.

<sup>16</sup> López, E. Impacto del Uso de un Sistema de Educación Distribuida en la Universidad Veracruzana: EMINUS. Universidad Veracruzana. Facultad de Contaduría y Administración: 2012. 80 pp.

<sup>17</sup> Scagnoli, N. El Aula Virtual: usos y elementos que la componen. 2000. p. 1-8

La gran diferencia entre un aula virtual y una presencial es que la primera busca cubrir una serie de necesidades educativas de manera que se libere al profesor y al alumno de la coincidencia temporal e incluso espacial;<sup>18</sup> mediante este sistema los alumnos pueden familiarizarse con el uso de la tecnología mientras obtienen acceso a los materiales de clase desde cualquier computador conectado a la red, lo cual le permite mantener la clase actualizada.

**2.3.3 Elementos que componen un AVA.** Los elementos que componen un Aula Virtual surgen de una adaptación del aula tradicional a la que se agregaran adelantos tecnológicos. Teniendo en cuenta lo propuesto por Mendoza y Galvis<sup>19</sup>, la construcción de un espacio educativo de este tipo debe contar con una serie de factores críticos para el éxito del sistema, iniciando con una fase de análisis, en donde se plantean los contenidos que serán empleados y los medios que apoyarán dichos contenidos partiendo de las necesidades de los aprendices; una fase de diseño que busca la atracción de visitantes y la retención de interés en los usuarios; un período de desarrollo en donde se espera haber creado el sistema de aprendizaje en línea; una etapa de evaluación que dará como resultado errores y fallas de las fases de análisis, diseño y desarrollo y finalmente, la fase administrativa que busca asegurar un funcionamiento correcto del sistema con el mínimo de problemas y un máximo de satisfacción de los participantes.<sup>20</sup>

Por último, el Aula Virtual de Aprendizaje debe integrar de una manera organizada muchos recursos digitales, incluyendo texto, imagen y animación para que el estudiante tenga a su disposición un conjunto de recursos de diversos tipos con funciones educativas diferentes que le faciliten el aprendizaje.<sup>21</sup>

---

<sup>18</sup> Barbera, E. & Badia, A. Hacia el aula virtual: actividades y aprendizaje en la red. Revista Iberoamericana de Educación. Vol. 36 (9): 2005. 22 pp.

<sup>19</sup> Mendoza, P. & Galvis, A. Ambientes Virtuales de Aprendizaje: Una Metodología para su Creación. Informática Educativa. Vol. 12 (2): 1999. 295-317 pp.

<sup>20</sup> Mendoza, P. & Galvis, A. Ambientes Virtuales de Aprendizaje: Una Metodología para su Creación. Informática Educativa. Vol. 12 (2): 1999. 295-317 pp.

<sup>21</sup> Barbera, E. & Badia, A. 2005. Op. cit., p. 11

**2.3.4 Implementación y resultados de las plataformas virtuales de aprendizaje en el mundo.** La construcción de plataformas virtuales ha jugado un papel muy importante en la formación académica actual.<sup>22</sup> Durante el transcurso de los años un gran número de Universidades alrededor del mundo han implementado estos nuevos sistemas de enseñanza y han obtenido muy buenos resultados en países como España, Australia, México, Argentina, Inglaterra y Estados Unidos.<sup>23</sup> Ejemplo de lo anterior es la plataforma Moodle, utilizada por cientos de universidades dentro de las que se incluye la UIS, pero que en la escuela de Geología se desconoce su uso.

En la Universidad Complutense de Madrid por el contrario, se desarrolló un cuestionario auto-evaluativo en la plataforma virtual ya mencionada (Moodle), en donde al finalizar el examen los estudiantes podían corroborar sus errores y aciertos, además se elaboró una amplia base de imágenes geológicas catalogadas por temática para utilizar tanto en las clases presenciales como en ejercicios de auto-evaluación. Los resultados obtenidos fueron positivos ya que la motivación de los alumnos por la asignatura incrementó de una manera considerable, así mismo, los estudiantes se mostraron satisfechos con lo aprendido y las notas mejoraron en comparación con años anteriores.

En la Universidad de Sevilla durante el 2006 y 2007 se implementó la plataforma WebCT para el uso de las asignaturas, este software permite a las instituciones educativas crear cursos en internet que pueden servir como cursos en línea completos o como complemento a los cursos presenciales. En el 2007 y 2008 se

---

<sup>22</sup> Ortiz, J.E., Torres, T. & Arribas, I. Aplicación de las nuevas tecnologías a la enseñanza de la Geología en la E.T.S.I. Minas de Madrid. I Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2011): 2011. 287-291pp.

<sup>23</sup> Fundación Universitaria Católica del Norte (FUCN). Educación virtual: reflexiones y experiencias. 2005. 92 pp.

empezaron a ver los resultados y fueron tan sorprendentes que esta Universidad decidió abordar otras plataformas tales como el OpenCourseWare.<sup>24</sup>

Un ejemplo nacional sobre el uso de este tipo de herramientas es la Universidad de los Andes, que desde el año 2003 inició la incorporación de las TIC en sus procesos educativos obteniendo grandes resultados. Los docentes que han estado vinculados a este proyecto han logrado hacer el replanteamiento no sólo de sus actividades de enseñanza, sino de la pedagogía que habían venido trabajando en su curso. De igual manera, se ha visto que el papel del docente ha cambiado después de utilizar este tipo de plataformas virtuales en sus clases, acercándolo más a un tutor que a un catedrático, promoviendo así el desarrollo de procesos de aprendizaje autónomo y colaborativo en los estudiantes y fortaleciendo en estos últimos habilidades como pensamiento crítico y analítico y su interés investigativo.<sup>25</sup>

Al pasar los años son muchos más ejemplos alrededor del mundo de Universidades que han venido implementando este tipo de ayuda pedagógica para mejorar el nivel académico de los estudiantes y las competencias de los mismos; los óptimos resultados que se han obtenido por medio de estas herramientas hacen que cada día sean más los programas académicos que introducen las plataformas virtuales como métodos de apoyo de sus asignaturas, por tanto, el Aula Virtual que se propone crear en este proyecto de grado busca mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de la Escuela de Geología en el área de la Paleontología al igual que gran número Universidades han logrado optimizar el desempeño de sus alumnos por medio del uso de estas plataformas virtuales.

---

<sup>24</sup> Molina, A. Las TIC en la Educación Superior como Vía de Formación y Desarrollo Competencial en la Sociedad del Conocimiento. ReiDoCrea. Revista electrónica de investigación Docencia Creativa. Vol. 1: 2012. 106-114 pp.

<sup>25</sup> Osorio, L. A., Aldana, M.F., Leal, D. & Carvajal, D. Incorporación de las TIC en Educación Superior: Experiencia Institucional Universidad de los Andes. Trabajo para concurso: Premio de experiencias en informática educativa para instituciones educativas. 2006. 10 pp.

## 2.4 PLATAFORMA MOODLE

**2.4.1 Aspectos generales.** Moodle es una plataforma diseñada para crear entornos virtuales de aprendizaje de alta calidad. “Una de las fortalezas de Moodle es que es un Software Libre. Esto significa que su creador inicial decidió utilizar la Licencia Pública GNU (GPL) y por lo tanto puede ser utilizado sin pagar “licencias”. La institución que lo instale está autorizada a copiar, usar y modificar Moodle. En consecuencia, la plataforma Moodle conforma un sistema permanentemente activo, seguro y en constante evolución”.<sup>26</sup>

**2.4.2 Herramientas y recursos.** Moodle cuenta con una gran cantidad de recursos que han hecho de esta plataforma uno de los mejores entornos de aprendizaje actuales, entre las que destacan:

- La plataforma permite subir archivos de diferentes formatos, ya sea un documento de Word, un archivo PDF, Zip, PowerPoint etc.
- Tiene la posibilidad de añadir carpetas a la plataforma, libros, URL, videos y muchas más herramientas para el apoyo de la asignatura.
- Moodle permite crear cuestionarios virtuales para la evaluación del alumnado, en donde el evaluador puede modificar la fecha de realización del mismo y el porcentaje que tendrá en la asignatura, de manera que los estudiantes pueden conocer su nota de forma inmediata.
- Plantea la opción de generar talleres y tareas para realizar en casa, lo cual es útil para revisar el trabajo de los estudiantes.
- La plataforma se caracteriza por poseer un completo banco de preguntas, que permite la creación de cuestionarios de selección múltiple, falso-verdadero, completamiento, emparejamiento, respuesta numérica, entre otras.

---

<sup>26</sup> Entornos Educativos. ¿Qué es Moodle? [En línea]. CABA, Argentina: Distrito Tecnológico, 2013. [Consultado el 29 de Marzo de 2016]. Disponible en: < <http://www.entornos.com.ar/moodle>>

- Permite la creación de chats y foros, los cuales son herramientas importantes para fomentar debates dentro del grupo y muy útiles para afianzar los sistemas de comunicación entre docente y estudiantes.
- Tiene la posibilidad de crear juegos referentes a la asignatura como sopas de letras, crucigramas, ahorcado y más, que incentivan el aprendizaje didáctico en los alumnos.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **Fase 1: Observaciones Preliminares**

Se realizaron visitas a los laboratorios para comprender las fortalezas y debilidades del procedimiento actual en la enseñanza práctica de la Paleontología y se revisó el contenido, objetivos y prácticas del manual de laboratorio actual para dar inicio al proceso de actualización y de diseño del material.

#### **Fase 2: Actualización de la información**

Se recopiló material bibliográfico actualizado sobre la Biología y Sistemática de los grupos invertebrados de interés y sobre temáticas que no están actualmente contenidas en la asignatura pero que es igualmente importante incluir como complemento de la misma.

#### **Fase 3: Elaboración del material de apoyo**

Se construyó un banco de imágenes propias a partir de los especímenes de colección del laboratorio, especímenes observados en campo o ejemplares actuales; así mismo, se formularon preguntas de carácter interpretativo y analítico que promuevan las competencias científicas y apoyen al estudiante en la comprensión de los procesos geológicos que afectaron los fósiles estudiados.

#### **Fase 4: Ensamblaje del documento**

Una vez realizadas las introducciones y marcos teóricos de cada capítulo con base en la información recopilada durante la fase 2, y finalizada la elaboración y compilación de imágenes correspondientes para cada laboratorio y las actividades a desarrollar durante la fase 3, se procedió a la diagramación del documento y ensamblaje del mismo. El resultado de ésta fase corresponde al manual de laboratorio titulado "Paleontología Aplicada" que se incluye en el Anexo A, en donde pueden observarse las diez prácticas que se proponen para desarrollar en

el curso y el contenido, actividades y preguntas que se plantean para cada una de dichas prácticas.

### **Fase 5: Implementación del Aula Virtual de Aprendizaje**

Se implementó un Aula Virtual de Aprendizaje en la plataforma Moodle, que contiene información adicional a la que se presenta en el manual de laboratorio realizado en la fase anterior. El contenido y actividades propuestas en dicho entorno virtual y el procedimiento que deben seguir los estudiantes para acceder al mismo se muestra detalladamente en el Anexo B; sin embargo, es el docente de la asignatura quien decide el mejor momento para poner en práctica las actividades planteadas y el porcentaje o valor que tendrán las mismas dentro de la calificación del curso.

#### 4. CONCLUSIONES

Se redefinió el manual de laboratorio existente y se diseñaron nuevas prácticas planteadas para la formación de competencias científicas y desarrollo crítico en el estudiante, así mismo, se propuso una fase de trabajo en grupo para cada una de las prácticas con el objetivo de incentivar el aprendizaje colaborativo en el aula de clases.

Se creó un banco de imágenes propio a partir de los especímenes fósiles del laboratorio para que el aprendizaje se base en la identificación morfológica e interpretación de ejemplares reales y no solo en representaciones e ilustraciones teóricas, ya que no todas las características representativas de un grupo taxonómico se conservan en el fósil.

El desarrollo de cada práctica cuenta con una fase de observación y descripción, en donde se evalúa que los conocimientos adquiridos durante la práctica estén claros y el alumno tenga la capacidad de reconocer en campo cualquier grupo taxonómico que se preserve en el registro fósil; y una fase de cuestionamiento individual y en grupo, que pretende incentivar en el estudiante el razonamiento crítico y las competencias científicas.

La plataforma Moodle, sobre la cual se implementó el Aula Virtual de Aprendizaje de la asignatura, permite hacer constantes modificaciones sobre los temas y actividades que se proponen en ella, haciendo de esta plataforma una herramienta a la vanguardia que puede ir modificándose acorde a las necesidades que presente el estudiante y el perfil profesional de los egresados de la Escuela de Geología.

La plataforma Moodle se caracteriza por poseer un completo banco de preguntas, que permite la creación de cuestionarios de selección múltiple, falso-verdadero, completamiento, emparejamiento, respuesta numérica y otras, para acompañar el proceso de enseñanza de los estudiantes.

El Aula Virtual de Aprendizaje es una herramienta que le permite al estudiante acceder a información sobre la asignatura Paleontología sin implicar un costo adicional para este.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un manual de laboratorio y Aula Virtual de Aprendizaje para todas las asignaturas teórico-prácticas en la Escuela de Geología, que sirvan como material de apoyo para perfeccionar la teoría y que apoyen el aprendizaje de la materia, incentivando y promoviendo en el estudiante el desarrollo de competencias científicas y del pensamiento crítico.

El Aula Virtual de aprendizaje se muestra en este proyecto de grado como una herramienta adicional que apoya el aprendizaje de la asignatura y sirve como complemento del manual de laboratorio, por tanto, se recomienda disponer de todos los recursos y herramientas con que cuenta la plataforma para así generar un entorno virtual de aprendizaje que abarque todas las necesidades de los estudiantes y los acompañe en sus procesos educativos.

Tanto el manual de laboratorio como el Aula Virtual de Aprendizaje, están diseñados y planteados de la manera que se creyó más conveniente para afianzar en el alumno nuevas competencias y ayudarlo en el entendimiento de la asignatura, no obstante, estos pueden estar sujetos a modificaciones y actualizaciones conforme vayan incrementando las necesidades de los alumnos, de la asignatura y de la Escuela.

## BIBLIOGRAFÍA

Babin, C. ¿Qué paleontología conviene enseñar?. Acta Geológica Hispánica. 16(1): 1981. 95-102 pp.

Barbera, E. & Badia, A. Hacia el aula virtual: actividades y aprendizaje en la red. Revista Iberoamericana de Educación. Vol. 36 (9): 2005. 22 pp.

Collazos, C., Guerrero, L. A. & Vergara, A. Aprendizaje colaborativo: un cambio en el rol del profesor. Actas del Tercer Congreso de Educación Superior en Computación, Punta Arenas, Chile: 2001. 10 pp.

Corredor, M. V., Pérez M. I. & Arbeláez, R. Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander: 2009. 239 pp.

Cruz-Guevara, L. E. Paleontología de Invertebrados. Guías de laboratorio. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología: 1997. 183 pp.

Entornos Educativos. ¿Qué es Moodle? [En línea]. CABA, Argentina: Distrito Tecnológico, 2013. [Consultado el 29 de Marzo de 2016]. Disponible en: <<http://www.entornos.com.ar/moodle>>

Fundación Universitaria Católica del Norte (FUCN). Educación virtual: reflexiones y experiencias. 2005. 92 pp.

González, V. & González, R.M. Competencias genéricas y formación profesional: un análisis desde la docencia universitaria. En: Revista Electrónica “Revista Iberoamericana de Educación”, N° 47. 2008.

Hernández, A. ¿Qué son las Competencias Científicas?. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Foro educativo nacional: 2005. 30 pp.

Jablonskia, D. & Shubinb, N. H. The future of the fossil record: Paleontology in the 21st century. PNAS. 12 (16): 2015. 4852- 4858 pp.

López, E. Impacto del Uso de un Sistema de Educación Distribuida en la Universidad Veracruzana: EMINUS. Universidad Veracruzana. Facultad de Contaduría y Administración: 2012. 80 pp.

Meléndez, B. Tratado de Paleontología. Volumen 1. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC - CSIC Press): 1998. 457 pp.

Mendoza, P. & Galvis, A. Ambientes Virtuales de Aprendizaje: Una Metodología para su Creación. Informática Educativa. Vol. 12 (2): 1999. 295-317 pp.

Molina, A. Las TIC en la Educación Superior como Vía de Formación y Desarrollo Competencial en la Sociedad del Conocimiento. ReiDoCrea. Revista electrónica de investigación Docencia Creativa. Vol. 1: 106-114 2012. pp. 14

Ortiz, J.E., Torres, T. & Arribas, I. Aplicación de las nuevas tecnologías a la enseñanza de la Geología en la E.T.S.I. Minas de Madrid. I Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2011): 2011. 287-291pp.

Osorio, L. A., Aldana, M.F., Leal, D. & Carvajal, D. Incorporación de las TIC en Educación Superior: Experiencia Institucional Universidad de los Andes. Trabajo para concurso: Premio de experiencias en informática educativa para instituciones educativas. 2006. 10 pp.

Patarroyo, P. Notas de clase: Principios de Paleontología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Departamento de geociencias: 2005. 117 pp.

Paul, R. & Elder, L. Estándares de competencia para el pensamiento crítico. Fundación para el pensamiento crítico: 2005. 61 pp.

Scagnoli, N. El Aula Virtual: usos y elementos que la componen. 2000. 1-8 pp.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A. Manual “Paleontología aplicada” para el desarrollo de las practicas de laboratorio de la asignatura paleontología.**

(El presente anexo contiene numeración de página independiente del resto del libro)

# **PALEONTOLOGÍA APLICADA**

## **Manual de Laboratorio**



Universidad  
Industrial de  
Santander



## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	42
2. LABORATORIO N°1: PALEOECOLOGÍA .....	43
2.1 OBEJTIVOS.....	43
2.2 MATERIAL REQUERIDO .....	43
2.3 MARCO TEÓRICO .....	44
2.3.1 Principios de la paleoecología .....	44
2.3.2 Importancia del estudio paleoecológico .....	45
2.3.3 Paleosinecología y paleoautoecología.....	46
2.3.4 Modo de vida de los organismos. ....	50
2.3.5 Fallas del estudio paleoecológico .....	52
2.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	53
2.5 BIBLIOGRAFÍA.....	55
3. LABORATORIO N°2: PROCESOS TAFONÓMICOS .....	58
3.1 OBJETIVOS.....	58
3.2 MATERIAL REQUERIDO .....	58
3.3 MARCO TEÓRICO .....	59
3.3.1 Estudio tafonómico .....	60
3.3.2 Importancia del registro fósil .....	63
3.3.3 Ocurrencia de invertebrados fósiles.....	63
3.3.4 Factores que afectan el proceso de fosilización .....	64
3.3.5 Tipos de fósiles .....	65
3.3.6 Estado de preservación de fósiles .....	68
3.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	72
3.5 BIBLIOGRAFÍA.....	74

4. LABORATORIO N°3: Determinación de biozonas a partir de foraminíferos .....	78
4.1 OBJETIVOS.....	78
4.2 MATERIAL REQUERIDO .....	78
4.3 MARCO TEÓRICO .....	79
4.3.1 Introducción al Phylum Foraminífera .....	79
4.3.2 Importancia del registro fósil de foraminíferos .....	79
4.3.3 Morfología.....	80
4.3.4 Crecimiento.....	82
4.3.5 Variables morfológicas empleadas para su estudio.....	83
4.3.6 Reproducción.....	85
4.3.7 Alimentación .....	89
4.3.8 Ecología.....	89
4.3.9 Correlaciones bioestratigráficas.....	91
4.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	96
4.5 BIBLIOGRAFÍA .....	100
5. LABORATORIO N°4: PHYLUM PORIFERA Y PHYLUM BRYOZOA .....	106
5.1 OBJETIVOS.....	106
5.2 MATERIAL REQUERIDO .....	106
5.3 MARCO TEÓRICO .....	107
5.3.1 Introducción al Phylum Porífera.....	107
5.3.2 Introducción al Phylum Bryozoa.....	116
5.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	129
5.5 BIBLIOGRAFÍA .....	133
6. LABORATORIO N° 5: PHYLUM CNIDARIA .....	140
6.1 OBJETIVOS.....	140
6.2 MATERIAL REQUERIDO .....	140
6.3 MARCO TEÓRICO .....	141
6.3.1 Introducción al Phylum Cnidaria .....	141
6.3.2 Morfología.....	141
6.3.3 Alimentación .....	143

6.3.4 Modo de vida .....	145
6.3.5 Reproducción y crecimiento de colonias.....	147
6.3.6 Clasificación.....	148
6.3.7 importancia del registro fósil .....	158
6.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	159
6.5 BIBLIOGRAFÍA.....	161
7. LABORATORIO N°6: AGRUPACIÓN DE ESPECIES MEDIANTE CLÚSTER ANÁLISIS (UTILIZANDO PHYLUM BRACHIOPODA).....	166
7.1 OBJETIVOS.....	166
7.2 MATERIAL REQUERIDO .....	166
7.3 MARCO TEÓRICO .....	167
7.3.1 Morfología.....	170
7.3.2 Clasificación.....	174
7.3.3 Alimentación .....	176
7.3.4 Reproducción y crecimiento.....	176
7.3.5 Importancia del registro fósil .....	178
7.3.6 Análisis Clúster o de Conglomerados .....	180
7.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	182
7.5 BIBLIOGRAFÍA.....	186
8. LABORATORIO N°7: ESTUDIO DE VARIACIÓN ONTOGENICA UTILIZANDO CLASE BIVALVIA .....	191
8.1 OBJETIVOS.....	191
8.2 MATERIAL REQUERIDO .....	191
8.3 MARCO TEÓRICO .....	192
8.3.1 Phylum Mollusca.....	192
8.3.2 Clase Bivalvia .....	192
8.3.3 Estudio de variación ontogénica .....	203
8.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	204
8.5 BIBLIOGRAFÍA.....	208
9. LABORATORIO N°8: CLASE GASTERÓPODA Y CLASE CEFALÓPODA ....	212

9.1 OBJETIVOS.....	212
9.2 MATERIAL REQUERIDO .....	212
9.3 MARCO TEÓRICO .....	213
9.3.1 Clase gasterópoda .....	213
9.3.2 Clase cefalópoda .....	222
9.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	233
9.5 BIBLIOGRAFÍA .....	235
10. LABORATORIO N°9: PHYLUM ECHINODERMATA.....	240
10.1 OBJETIVOS.....	240
10.2 MATERIAL REQUERIDO .....	240
10.3 MARCO TEÓRICO .....	241
10.3.1 Modo de vida .....	241
10.3.2 Reproducción.....	241
10.3.3 Morfología y fisiología .....	242
10.3.4 Clasificación.....	243
10.3.5 Importancia del registro fósil .....	254
10.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	255
10.5 BIBLIOGRAFÍA .....	257
11. LABORATORIO N°10: PHYLUM ANÉLIDA Y CLASE TRILOBITA .....	258
11.1 OBJETIVOS.....	258
11.2 MATERIAL REQUERIDO .....	259
11.3 MARCO TEÓRICO .....	259
11.3.1 Phylum anélida .....	259
11.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS.....	276
11.5 BIBLIOGRAFÍA .....	278

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Reconstrucción paleoecológica de la fauna marina del Devónico. ....	45
Figura 1.2. Estructuras homólogas .....	49
Figura 1.3. Estructuras análogas. ....	49
Figura 1.4. Modo de vida de los organismos marinos.....	51
Figura 2.1. Asociación fósil correspondiente a una tafocenosis.....	61
Figura 2.2. Asociación fósil de varios ejemplares del género <i>Orthoceras bruguiere</i> (Cefalópoda), correspondiente a una tanatocenosis.....	62
Figura 2.3. Fotografía de sérpulas sp. ....	66
Figura 2.4. Ejemplo de un fósil químico .....	67
Figura 2.5. Fotografía de un fragmento de concha de cefalópodo.....	67
Figura 2.6. Fotografía de la impresión de la concha de un cefalópodo.....	68
Figura 2.7. Fotografía de 16 segmentos de pluma conservados en ámbar. ....	69
Figura 2.8. Fotografía de un tronco fosilizado (xilópalo) .....	70
Figura 2.9. Fotografía de un hueso recristalizado en apatito. ....	70
Figura 2.10. Fotografía de un fósil de bivalvo del género <i>Cuculle gabrielis</i> .....	71
Figura 2.11. Fósil de hoja producto del proceso de carbonización. ....	72
Figura 3.1. Sentido del enroscamiento de las cámaras en los foraminíferos multiloculados. ....	82
Figura 3.2. Estructuras y formas de las cónculas de foraminíferos.....	84
Figura 3.3. Texturas y otras estructuras conchulares. ....	85
Figura 3.4. Estructura de la pared de la cóncula de los foraminíferos. ....	86
Figura 3.5. Tipos de suturas en las cónculas de los foraminíferos. ....	86
Figura 3.6. Estructuras en la región umbilical y/o apertural de la cóncula de los foraminíferos. ....	87

Figura 3.7. Tipos de aperturas en las cónchulas de foraminíferos.....	88
Figura 3.8. Clasificación taxonómica de los foraminíferos bentónicos.....	91
Figura 3.9 Tipos de biozonas.....	95
Figura 3.10. Bioestratigrafía de la cuenca Central-Carphantiar. ....	99
Figura 4.1. Morfología y clasificación de la estructura interna de los poríferos....	110
Figura 4.2. Fotografía de un arqueociatido .....	112
Figura 4.3. Fotografía de un estromatoporido.....	112
Figura 4.4. Clasificación de los poríferos a partir de la forma de sus espículas. .	114
Figura 4.5. Tipos de espículas de los poríferos .....	115
Figura 4.6. Morfología de los briozoarios.....	118
Figura 4.7. Tipos de aberturas en los briozoarios. ....	118
Figura 4.8. Fotografía de la abertura de diversos zooides vista bajo un microscopio electrónico de barrido .....	119
Figura 4.9. Reproducción y ciclo de vida de los briozoos .....	121
Figura 4.10. Morfología de los heterozooides.....	122
Figura 4.11. Fotografía de un autozooides y aviculario a través de u microscopio electrónico de barrido .....	122
Figura 4.12. Estructura y forma de los zoarios y zoocios de briozoos pertenecientes al orden Cyclostomatida. ....	124
Figura 4.13. Fotografía de un briozoo trepostomatido del género <i>Hallopora</i> .....	125
Figura 4.14. Fotografía de los géneros más representativos del orden Cryptostomatida.....	126
Figura 4.15. Fotografía de un briozoo cheilostomado del género <i>Búgula</i> .....	127
Figura 4.16. Fotografía de un briozoo cheilostomado del género <i>Sinupetraliella concinna</i> .....	127
Figura 5.1. Ilustración de la pared celular de los cnidarios. ....	143
Figura 5.2. Funcionamiento de los cnidocitos.....	145
Figura 5.3. Polimorfismo y modo de vida de los cnidarios.....	147
Figura 5.4. Tipos de estructuras en cnidarios coloniales. ....	148
Figura 5.5. Crecimiento de algunos corales antozoarios. ....	149

Figura 5.6. Fotografía de un helioporaceo actual.....	150
Figura 5.7. Gorgonia actual, perteneciente al orden Alcyonaria. ....	151
Figura 5.8. Fotografía de un penatulaceo actual.....	151
Figura 5.9. Fotografía de un cnidario del orden Scleractinia.....	152
Figura 5.10. Géneros más representativos del orden Tabulata.....	154
Figura 5.11. Morfología externa e interna de un cnidario rugoso del género <i>Heliophyllum</i> . ....	155
Figura 5.12. Diversas formas simples de antozoarios y tetracoralios. ....	155
Figura 5.13. Fotografía del fósil y reconstrucción de la posición en vida de un Conulario.. ....	156
Figura 5.14. Fotografía de un cubozoo actual del género <i>Carukia Barnesi</i> .....	157
Figura 5.15. Morfología y ciclo de vida de un hidrozoo del género <i>obelia</i> . ....	158
Figura 6.1. Mediciones estándares en los braquiópodos.....	168
Figura 6.2. Modos de vida de los braquiópodos. ....	169
Figura 6.3. Función de los músculos aductor y diductor en la apertura y cierre de la concha.. ....	170
Figura 6.4. Morfología interna de un braquiópodo. ....	170
Figura 6.5. Morfología externa de la concha de los braquiópodos.....	171
Figura 6.6. Tipo de foramen.....	172
Figura 6.7. Posición del foramen con respecto al área cardinal y al umbón. ....	172
Figura 6.8. Inclinação del área cardinal. ....	172
Figura 6.9. Tipos de comisura.....	173
Figura 6.10. Ornamentaciones en los braquiópodos. ....	174
Figura 6.11. Tipos de crecimiento de las conchillas de los braquiópodos. ....	177
Figura 6.12. Terminología de la concha de los braquiópodos teniendo en cuenta su concavidad.....	178
Figura 7.1. Reconstrucción del modo de vida de los bivalvos. ....	194
Figura 7.2. Simetría de las valvas y la concha de los bivalvos. ....	195
Figura 7.3. Vista interna de la valva izquierda de un bivalvo. ....	196
Figura 7.4. Tipos de charnela de los bivalvos. ....	197

Figura 7.5. Reconstrucción de la morfología externa de un bivalvo.....	199
Figura 7.6. Reconstrucción de la morfología interna de un bivalvo.....	199
Figura 7.7. Tipos de ornamentación de la concha de los bivalvos.....	201
Figura 7.8. Mediciones estándares de la concha de los bivalvos. ....	201
Figura 8.1. Morfología interna de un gasterópodo.. ....	215
Figura 8.2. Morfología de una concha perforada. ....	216
Figura 8.3. Morfología de una concha imperforada.. ....	216
Figura 8.4. Sentido de las vueltas y presencia del canal sifonal en la concha de los gasterópodos.. ....	217
Figura 8.5. Fotografía de una concha sifonostomada.....	218
Figura 8.6. Terminología de la forma de la concha de los gasterópodos.....	218
Figura 8.7. Morfología interna general de un cefalópodo.....	225
Figura 8.8. Morfología de la concha de los cefalópodos.....	227
Figura 8.9. Morfología de las conchas de los nautiloideos según la subclase a la que pertenecen.....	228
Figura 8.10. Diferentes tipos de sutura presentes en los ammonoideos .....	229
Figura 8.11. Morfología de la concha de los ammonoideos.....	230
Figura 8.12. Tipos de ornamentación en los ammonoideos. ....	230
Figura 8.13. Esquema en donde se ilustra la morfología y terminología referente a las costillas de los ammonoideos.....	231
Figura 8.14. Reconstrucción de la morfología de un belemnites.. ....	232
Figura 9.1. Morfología y posición en vida de los crinoideos.....	244
Figura 9.2. Vista superior del cáliz de un crinoideo.....	245
Figura 9.3. Fotografía de pedúnculos fósiles. ....	245
Figura 9.4. Corte transversal de diferentes pedúnculos fosilizados. ....	246
Figura 9.5. Fotografía de un equinodermo blastoideo del género <i>Pentremites</i> . ..	247
Figura 9.6. Vista superior de un equinodermo blastoideo del género <i>Pentremites</i> .... .....	247
Figura 9.7. Fósiles de Eocrinoideos.....	248
Figura 9.8. Morfología de un equinodermo de la clase Cystoidea.. ....	249

Figura 9.9. Fósil de un edrioasteroideo.....	249
Figura 9.10. Fotografía de un asteroideo fósil.....	250
Figura 9.11. Representación de la morfología de los ofiuroides.I. ....	251
Figura 9.12. Morfología de un echinoideo regular del género <i>Diplopodia</i> .....	253
Figura 9.13. Morfología de un echinoideo irregular del orden Clypeasterida. ....	253
Figura 9.14. Fotografía de un fósil de echinoideo irregular del género <i>Toxaster colombianus</i> .....	254
Figura 10.1. Reconstrucción de la morfología interna y externa de un anélido ...	261
Figura 10.2. Morfología de un poliqueto del género <i>nereis</i> .....	263
Figura 10.3. Fotografía de un oligoqueto del orden Lombriculidae. ....	266
Figura 10.4. Fotografía del detalle de las quetas en los oligoquetos. ....	266
Figura 10.5. Tubículos de carbonato de calcio creados por serpúlidos.. ....	267
Figura 10.6. Reconstrucción del modo de vida de los trilobites durante el Ordovícico.....	269
Figura 10.7. Icnofósiles de trilobites.....	270
Figura 10.8. Representación de la morfología general de los trilobites .....	271
Figura 10.9. Representación de la vista ventral del cefalón de un trilobite. ....	273
Figura. 10.10. Diferencia en la morfología del cefalón de los trilobites. ....	274
Figura 10.11. Variedades morfológicas de los ojos en los trilobites.....	274
Figura 10.12. Variaciones morfológicas de los trilobites a través del tiempo geológico.. ....	276

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Ejemplo del listado de caracteres y estados cuantificados. ....	184
Tabla 2. Matriz de caracteres y especies.....	185
Tabla 3. Ejemplo de cómo realizar la matriz .....	185
Tabla 4. Matriz de semejanza entre UTO .....	186

## 1. INTRODUCCIÓN

Este manual de laboratorio, titulado “Paleontología Aplicada”, busca mejorar las prácticas de laboratorio ya que su enfoque principal es la creación de nuevas competencias basadas en la interpretación de las características morfológicas observadas en los especímenes fósiles y no solo enfocadas en clasificaciones taxonómicas de los grupos invertebrados que en muchas ocasiones se vuelven procedimientos sistemáticos y repetitivos; el documento cuenta con un total de diez prácticas que abarcan el estudio de todos los grupos taxonómicos que imparte la asignatura; cada una de las guías presenta los objetivos de la práctica a desarrollar, el material requerido para la misma, un marco teórico realizado a partir de información confiable obtenida en libros, artículos y documentos en línea; y el procedimiento y desarrollo de preguntas a realizar, en donde se incluyen la resolución de preguntas interpretativas y el estudio de casos.

El desarrollo de cada práctica cuenta a su vez con una fase de observación y descripción, en donde se evalúa que los conocimientos adquiridos durante la práctica estén claros y el alumno tenga la capacidad de reconocer en campo cualquier grupo taxonómico que se preserve en el registro fósil; y una fase de cuestionamiento individual y en grupo, que pretende incentivar en el estudiante el razonamiento crítico y las competencias científicas.

El manual de laboratorio, recopila material bibliográfico sobre los temas que se encuentran actualmente contenidos en la asignatura Paleontología, e igualmente incluye información sobre temáticas de interés que no están contenidas en el curso y que es necesario incluir como complemento y apoyo de las prácticas de laboratorio.

## **2. LABORATORIO N°1: PALEOECOLOGÍA**

### **2.1 OBEJTIVOS**

- Reconocer el estudio paleoecológico como una herramienta fundamental para la interpretación de la historia evolutiva de nuestro planeta.
- Elaborar y probar hipótesis relacionadas con los escenarios pasados y el contexto climático en que vivieron y proliferaron los especímenes fósiles observados.
- Utilizar la morfología funcional y la correlación de estructuras análogas y homólogas entre seres actuales y organismos fósiles para entender la fisiología de los cuerpos fósiles estudiados.
- Interpretar el modo de vida de los especímenes fósiles por medio de la observación de sus características morfológicas.
- Identificar las relaciones interespecíficas (mutualismo, parasitismo, depredación) entre dos o más organismos preservados en una misma muestra para entender los ecosistemas del pasado y la relación entre diversos grupos de invertebrados.

### **2.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandeja N° 1 del laboratorio de paleontología, que incluye todos los fósiles relacionados con la paleoecología

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

## 2.3 MARCO TEÓRICO

**2.3.1 Principios de la paleoecología.** Mientras que la ecología estudia las condiciones y formas de vida de los organismos actuales, la paleoecología se centra en el estudio de las interrelaciones e interacciones entre los antiguos organismos (representados hoy en día por medio del registro fósil) y los ambientes geológicos pasados en los cuales vivieron<sup>27, 28, 29</sup>. Esta rama de la ecología parte de la premisa de que ningún organismo vive aislado sino que se encuentra en estrecha relación con el medio que lo rodea<sup>30</sup>, por tanto, a través del estudio de la composición, estructura y organización de las paleocomunidades, es posible interpretar el ambiente y condiciones bajo las cuales se desarrollaron y vivieron los especímenes fósiles<sup>31</sup> (Figura 1.1).

El estudio paleoecológico se basa en el actualismo, por medio del cual se asume que los procesos ocurridos en el pasado son análogos a los que se pueden observar en el presente<sup>32</sup> y por tanto es posible correlacionarlos. Es necesario tener en cuenta que para lograr una reconstrucción acertada del medio ambiente fósil, se debe combinar el estudio sedimentológico con el análisis del ejemplar como tal; sin embargo, un punto fundamental en este estudio, es determinar si los fósiles se encuentran o no “in situ” en el afloramiento<sup>33</sup>

---

<sup>27</sup> Renzi, M., Martinel, J., & Reguant, S. Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología. Acta Geológica Hispana, 2, 80-86. 1975

<sup>28</sup> Dodd, J. R., & Stanton, R. J. Paleocology: Concepts and Applications (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Wiley Interscience Publication. 1990

<sup>29</sup> Kumar, A. Fossils in Earth Science. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

<sup>30</sup> Turek, V., Marek, J., & Benes, J. Atlas ilustrado de los Fósiles. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

<sup>31</sup> Clarkson, E. Invertebrate Palaeontology and Evolution (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

<sup>32</sup> Nieto, M., & Rodríguez, J. Inferencia paleoecológica en mamíferos cenozoicos: limitaciones metodológicas. Coloquios de Paleontología, Vol. 1, 451- 475. 2003

<sup>33</sup> Patarroyo, P. Notas de clase: Principios de Paleontología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Departamento de geociencias: 2005. 117 pp.

**Figura 1.1. Reconstrucción paleoecológica de la fauna marina del Devónico**



Fuente: Paleontología en Colombia. Divulgación científica de la Paleontología en Colombia. Tomado de [http://lapaleontologiaencolombia.blogspot.com.co/2015\\_05\\_01\\_archive.html](http://lapaleontologiaencolombia.blogspot.com.co/2015_05_01_archive.html)

**2.3.2 Importancia del estudio paleoecológico.** El objetivo principal de la paleoecología es describir la historia y evolución de la Tierra y de sus organismos apoyándose en los conceptos de la ecología<sup>34</sup>. Igualmente, intenta reconstruir el medio ambiente de los yacimientos fósiles y busca evidencias de cambios ecológicos, climáticos y ambientales a lo largo del tiempo geológico para asociarlos con los cambios evolutivos de los seres vivos<sup>35, 36</sup>. Actualmente, esta disciplina ha alcanzado gran importancia ya que los datos paleoecológicos permiten estructurar los modelos de los ecosistemas del planeta<sup>37</sup>; además, el conocer las condiciones en que vivieron los organismos antiguos permite inferir la

---

<sup>34</sup> Ibid.

<sup>35</sup> Dodd, & Stanton, Op. Cit.

<sup>36</sup> Nieto, & Rodríguez, Op. Cit.

<sup>37</sup> Patarroyo, Op. Cit.

procedencia de las rocas sedimentarias con contenido fosilífero<sup>38</sup>, lo cual es fundamental para desarrollar otros estudios relacionados con la estratigrafía o la sedimentología.

**2.3.3 Paleosinecología y paleoautoecología.** El estudio paleoecológico puede llevarse a cabo de dos maneras distintas dependiendo si se quiere considerar la interacción de un solo organismo con su medio o de una comunidad taxonómica con el ambiente que lo rodea.

La paleosinecología está fundamentada en el estudio de la comunidad o asociación de organismos, y puede referirse tanto a la estructura como al funcionamiento de las poblaciones, comunidades, o ecosistemas. Su objetivo es la reconstrucción paleoambiental basada en la comparación con comunidades actuales<sup>39, 40, 41, 42, 43</sup>,

La paleoautoecología por otro lado, se basa en el estudio de la ecología de un organismo individualmente<sup>44, 45, 46, 47</sup>. Como plantea Nieto & Rodríguez (2003), para llevar a cabo el estudio paleoautoecológico se han propuesto dos metodologías generales: El análisis taxonómico y la morfología funcional.

---

<sup>38</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>39</sup> Palmqvist, P., Gröcke, D. R., Arribas, A., & Martínez-Navarro, B. Análisis biogeoquímico y paleosinecológico de la asociación de macromamíferos del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, Granada). *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26, 10-18. 1999

<sup>40</sup> Fariña, R. A., Vizcaíno, S. F., & De Iuliis, G. *Megafauna: Giant Beasts of Pleistocene South America*. Indiana: Indiana University Press. 2013

<sup>41</sup> Schwimmer, D. R. *King of the Crocodylians: The Paleobiology of Deinosuchus*. Indianapolis: Indiana University Press. 2002

<sup>42</sup> Nieto, & Rodríguez, Op. Cit.

<sup>43</sup> Patarroyo, Op. Cit.

<sup>44</sup> Palmqvist, Gröcke, Arribas, & Martínez-Navarro, Op. Cit.

<sup>45</sup> Schwimmer, Op. Cit.

<sup>46</sup> Fariña, Vizcaíno, & De Iuliis, Op. Cit.

<sup>47</sup> Patarroyo, Op. Cit.

- El análisis taxonómico consiste en suponer que el modo de vida de las especies extintas era similar al de las especies actuales más emparentadas con ellas, y por tanto, es posible llevar a cabo una transferencia de la información de la taxonomía de los seres actuales a los extintos<sup>48</sup>. Sin embargo, este método presenta algunas limitaciones ya que depende de la existencia de formas actuales suficientemente próximas a las especies estudiadas para llevar a cabo las inferencias, lo cual hace inviable el estudio en especies sin parientes vivos próximos y restringe su uso a las formas fósiles más recientes o aquellas cuyas tasas de evolución con respecto a las actuales sean lo suficientemente bajas, además, este análisis asume que en la actualidad existen ejemplos de todos los posibles escenarios del pasado, lo cual es difícil de aceptar<sup>49, 50, 51</sup>.
- En contraste, el análisis morfológico funcional se ha convertido con el tiempo en uno de los más útiles métodos para hacer reconstrucciones paleoecológicas y paleontológicas<sup>52</sup>, ya que como su nombre lo indica, consiste en asociar funciones a aspectos de la morfología de los organismos mediante la comprensión de la función y la utilidad de los detalles estructurales de las conchas, caparazones o huesos presentes en los fósiles, independientemente del taxón empleado<sup>53, 54</sup>. Este método permite corregir las limitaciones que se plantean en los análisis taxonómicos y puede aplicarse en cualquier momento del registro fósil, siempre y cuando se puedan asociar de manera precisa forma y función<sup>55</sup>; sin embargo, en muchas ocasiones los paleontólogos se encuentran con órganos cuya función no es clara y no tienen partes

---

<sup>48</sup> Nieto, & Rodríguez, Op. Cit.

<sup>49</sup> Palmqvist, Gröcke, Arribas, & Martínez-Navarro, Op. Cit.

<sup>50</sup> Boyle, B., Meyer, H. W., Enquist, B., & Salas, S. A search for the modern analog of the Florissant fossil flora. En H. W. Meyer & D. M. Smith (Eds.), *Paleontology of the Upper Eocene Florissant Formation*, Colorado (pp. 19-50). USA: The Geological Society of America Special Paper 435. 2008

<sup>51</sup> Nieto, & Rodríguez, Op. Cit.

<sup>52</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>53</sup> García, P., Sour, F., & Montellano, M. *Paleontología*. México: Coordinación de Servicios Editoriales Facultad de Ciencias, UNAM. 1997

<sup>54</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>55</sup> Nieto, & Rodríguez, Op. Cit.

contemporáneas es los organismos vivos<sup>56</sup>, lo cual puede generar resultados e interpretaciones equivocadas.

La función de órganos particulares en fósiles no se puede establecer mediante los métodos empleados en la zoología, pero es posible hacerlo mediante la explicación de cómo funcionaban esos órganos mientras el ser vivía<sup>57</sup>. Para lograr esto, en el estudio morfológico funcional se propone que las mismas características morfológicas en dos organismos diferentes sugieren una adaptación similar y por tanto las mismas funciones y utilidad, no obstante, es primordial diferenciar entre las estructuras homólogas y análogas para llevar a cabo este tipo de interpretación.<sup>58</sup>

Se entiende por estructuras homólogas a las variaciones sobre una parte estructural que ya existía en un ancestro común, por ejemplo, las extremidades anteriores de todos los mamíferos, ya sean los brazos en el ser humano, las aletas de las ballenas o las alas de los murciélagos tienen el mismo ordenamiento de los huesos a pesar de que todos estos cumplen funciones diferentes<sup>59, 60, 61</sup> (Figura 1.2).

Sin embargo las homologías deben hacerse con cuidado, ya que por ejemplo, el ala de un ave y un murciélago son homólogas en cuanto a extremidades anteriores pero no son homólogas como alas, ya que la estructura del ala de un murciélago es muy diferente a la del ave<sup>62</sup>. Este último ejemplo correspondería a estructuras análogas, ya que sus semejanzas se deben a que cumplen una

---

<sup>56</sup> Clarkson, E. N. K. *Invertebrate Paleontology and Evolution* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

<sup>57</sup> *Ibid*

<sup>58</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>59</sup> Campbell, A., & Reece, B. *Biología* (7<sup>a</sup> ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana. 2007

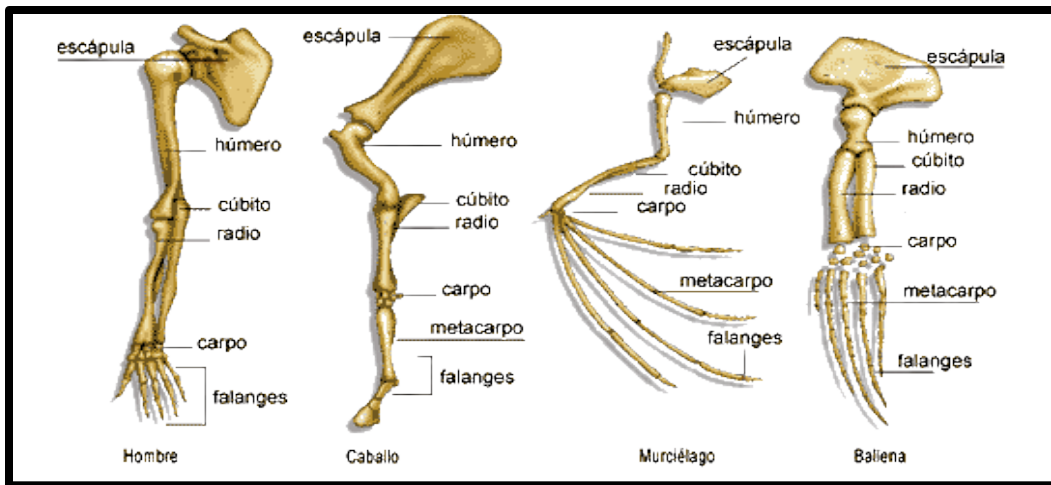
<sup>60</sup> Nelson, F. P. *Evolution Dissected*. Brushton, New York: TEACH Service, Inc. 2003

<sup>61</sup> Rowland, M. *Biology*. United Kingdom: Thomas Nelson and Sons Ltd. 1992

<sup>62</sup> Gilbert, S. F. *Biología del desarrollo* (7<sup>a</sup> ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana. 2005

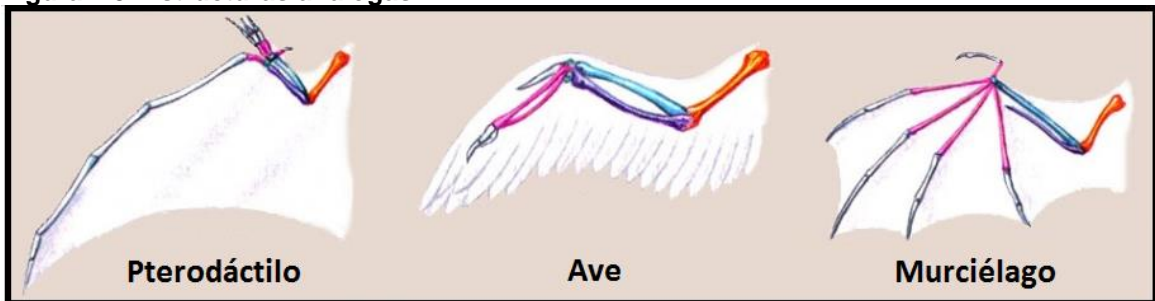
función en común pero no son derivadas de un mismo ancestro y ambas estructuras se formaron bajo diferentes circunstancias<sup>63, 64, 65</sup> (Figura 1.3).

**Figura 1.2. Estructuras homólogas.**



Fuente: <http://www.divinoplabeo.com/evolucion-3-darwin-aparecio/>

**Figura 1.3. Estructuras análogas.**



Fuente: <http://www.divinoplabeo.com/evolucion-3-darwin-aparecio/>

<sup>63</sup> Starr, C., Evest, C. A., & Starr, L. Biology: Concepts and Applications without Physiology (9<sup>th</sup> ed.). Stamford, USA: Cenage Learning. 2015

<sup>64</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>65</sup> Gilbert, Op. Cit.

**2.3.4 Modo de vida de los organismos.** Para hacer una buena interpretación paleoecológica hay que tener en cuenta que los organismos tienen una morfología controlada por la ecología, una fisiología controlada por la evolución y un comportamiento que ha sido cuidadosamente desarrollado para hacer uso del medio que lo rodea, esto se llama adaptación<sup>66</sup> y permite conocer el estilo de vida de organismos según el ambiente en que se encuentran<sup>67</sup>.

Se parte del hecho de que en la superficie terrestre hay dos tipos básicos de ambientes en que los organismos pueden vivir: los ambientes marinos y continentales. La vida de los organismos marinos está controlada por factores como la profundidad, temperatura, salinidad del agua, contenido de oxígeno y otros gases<sup>68</sup>. La vida terrestre es controlada por la temperatura, precipitaciones, humedad y sequía. Todos estos factores afectan la proliferación y diversidad de la vida en nuestro planeta, sin embargo en ambientes particulares hay siempre factores que tienen un efecto mayor sobre las especies, este recibe el nombre de factor limitante<sup>69, 70, 71</sup>.

En base a su modo de vida, los organismos marinos se pueden clasificar<sup>72, 73, 74</sup> (Figura 1.4):

---

<sup>66</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>67</sup> Clarkson, E. *Invertebrate Palaeontology and Evolution* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

<sup>68</sup> Campos-Bedolla, P., Bazán, B., Sanmartí, N., Torres, M. D., Mingo, B., Fernández, M.,...López, M. J. *Biología 1*. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A. 2003

<sup>69</sup> Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., & Cano-Santana, Z. *Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación. 2005

<sup>70</sup> Nebel, B. J., & Smith, R. T. *Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible*. México: Pearson Educación. 1999

<sup>71</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>72</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>73</sup> Clarkson, Op. Cit.

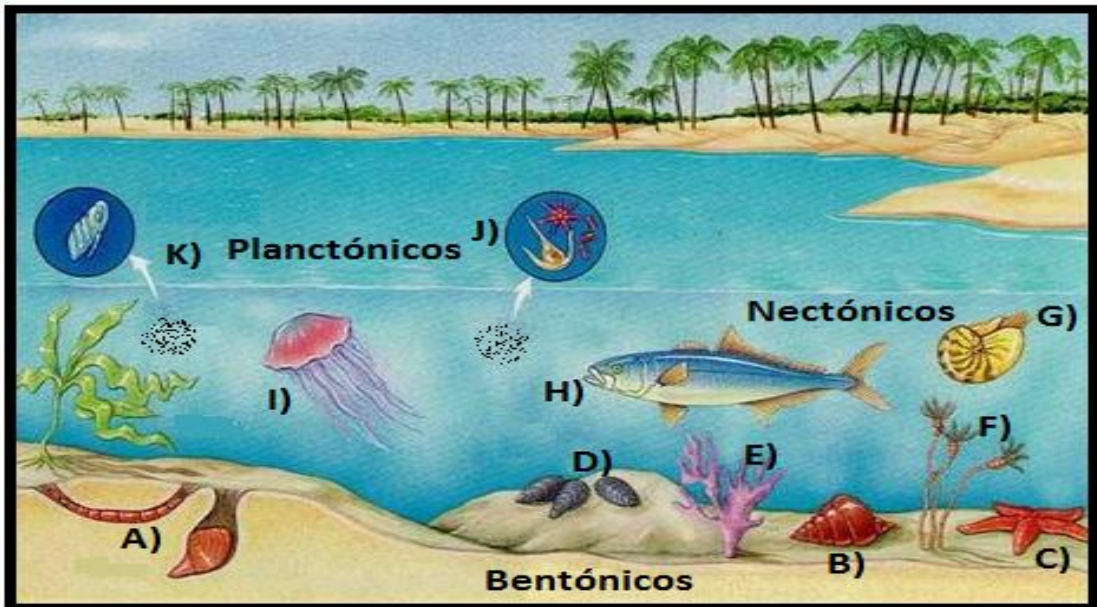
<sup>74</sup> Campos-Bedolla, Bazán, Sanmartí, Torres, Mingo, Fernández, López, Op. Cit.

- **Bentónicos:** Animales que viven sobre el fondo o lecho marino, pueden ser sésiles (que viven fijos) o errantes. Los principales factores que controlan su distribución son las características del sustrato y la salinidad del agua del mar.

Actualmente también se distingue entre endofauna (organismos que viven en el interior de sedimentos) y epifauna (que viven en la superficie de estos).

- **Nectónicos:** Organismos que nadan libremente por encima del fondo y pueden o no depender de este.
- **Planctónicos:** Viven en suspensión en la superficie o dentro de la columna de agua, se desplazan acorde con el movimiento de las aguas.

Figura 1.4. Modo de vida de los organismos marinos.



Fuente: Marine Biomes. Modificado de Subrata, 2010, en [http://blog.tutorvista.com/2011/08/marine-biomes/#close\\_iframe](http://blog.tutorvista.com/2011/08/marine-biomes/#close_iframe)

**2.3.5 Fallas del estudio paleoecológico.** Según lo mencionado hasta ahora, el estudio paleoecológico presenta algunas fallas ya que las partes blandas de los organismos, importantes y fundamentales para su adaptación y supervivencia no se conservan en el registro fósil y por tanto, la química y física original del ambiente no puede observarse directamente y hay que llevar a cabo interpretaciones mediante evidencia secundaria. Esto genera cierto grado de incertidumbre en los resultados ya que los fósiles pudieron ser transportados, estar incompletos, o pudieron ser alterados por procesos diagenéticos<sup>75</sup>. Para evitar este tipo de errores durante el proceso de interpretación Turek, et al (2005) propone los siguientes aspectos a tener en cuenta:

- El sustrato en que se encuentra el fósil es fundamental para entender el modo de vida del espécimen; por ejemplo: una litología dura excluye en la mayoría de casos la presencia de animales excavadores.
- El tipo de litología que contiene el registro fósil puede aportar datos muy valiosos para interpretar las condiciones ambientales bajo las cuales vivía el organismo; por ejemplo: el tamaño de grano indica la energía del medio.
- La forma en que son encontrados los fósiles también aporta información para entender el modo de vida que llevaban estos seres; por ejemplo: el encontrar dos o más organismos juntos puede ser evidencia de relaciones entre ellos (mutualismos, depredación, comensalismo, entre otros).
- En una asociación fósil se debe determinar si los organismos vivían allí (autóctonos) o fueron transportados y depositados en ese lugar por corrientes de agua (alóctonos), ya que los primeros sirven para estudiar el modo de vida de los organismos y para realizar dataciones relativas de los estratos, mientras que los segundos permiten entender las condiciones tafonómicas y

---

<sup>75</sup> Clarkson, Op. Cit.

deposicionales que afectaron el espécimen. Por otro lado, los fósiles “Remanie”, que corresponden a fósiles de Formaciones geológicas más antiguas incorporadas en depósitos más jóvenes, son importantes para entender procesos tectónicos, erosivos y orogénicos de la zona de estudio.

## **2.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS**

### Trabajo individual

En primera medida, escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°1 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio, una vez terminado el análisis de este fósil en particular, continúe con los demás ejemplares de la bandeja, siguiendo el mismo procedimiento.

- Fase de observación

Detalle el ejemplar y observe las siguientes características:

- 1) ¿Cuántos especímenes componen la muestra?
- 2) ¿Qué grado de conservación tienen los ejemplares?, ¿Están los distintos organismos igualmente preservados?
- 3) ¿Están los ejemplares completos o fragmentados?
- 4) ¿Los organismos conservan sólo las partes duras de sus cuerpos o se preservan algunas partes blandas?
- 5) ¿Se han conservado únicamente los rasgos morfológicos generales de los especímenes o pueden observarse ciertos rasgos finos?
- 6) ¿Cuál es el grosor de las estructuras esqueléticas?
- 7) ¿En qué tipo de sedimento fosilizaron los ejemplares?

- Fase de descripción

Con base en los detalles identificados durante la fase de observación, realice un dibujo de la muestra estudiada, trazando en primer lugar un esquema general de los aspectos de la estructura fósil y posteriormente, incluya las características más detalladas, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible y que represente todas las características morfológicas que ha identificado. Realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación Individual

Teniendo en cuenta la morfología de los organismos, el tipo de sedimento de la muestra, el grado de preservación de cada ejemplar y demás características estudiadas, responda las siguientes preguntas y argumente sus respuestas.

- 1) ¿Están el/los ejemplares in situ o han sufrido algún desplazamiento?
- 2) En caso de que el/los especímenes sean alóctonos, ¿Qué distancia fueron transportados antes de ser enterrados? ¿Está el grado de preservación relacionado con el transporte sufrido?
- 3) Formule un posible modo de vida para el/los organismos con base en su morfología. ¿Por qué plantea esta posición en particular? ¿Tiene relación con el tipo de sedimento en que se encuentran fosilizados?
- 4) En caso de que la muestra esté conformada por más de un espécimen, diga ¿Qué tipo de relación interespecífica presentan los organismos? ¿Qué pudo ocurrir en el momento de la muerte de los ejemplares?
- 5) Teniendo en cuenta la morfología del organismo, infiera el ambiente y nivel de energía en que vivía el espécimen; así mismo, con base en el tipo de sedimento, plantee las condiciones de fosilización del ejemplar.

### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior;

sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros.

Discutan sobre lo siguiente:

- 1) ¿Cuáles características morfológicas de los especímenes estudiados son producto de su adaptación al ambiente en que vivían?
- 2) Teniendo en cuenta los diferentes modos de vida que pueden tener los seres vivos, ¿Cuál esperaría que tuviera un mayor éxito evolutivo?
- 3) ¿Qué adaptaciones y diferencias morfológicas deben tener los organismos endobentónicos, epifaunales, planctónicos y nectónicos?

## 2.5 BIBLIOGRAFÍA

Boyle, B., Meyer, H. W., Enquist, B., & Salas, S. A search for the modern analog of the Florissant fossil flora. En H. W. Meyer & D. M. Smith (Eds.), *Paleontology of the Upper Eocene Florissant Formation, Colorado* (pp. 19-50). USA: The Geological Society of America Special Paper 435. 2008

Campbell, A., & Reece, B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana. 2007

Campos-Bedolla, P., Bazán, B., Sanmartí, N., Torres, M. D., Mingo, B., Fernández, M.,...López, M. J. *Biología 1*. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A. 2003

Clarkson, E. N. K. *Invertebrate Paleontology and Evolution* (4ª ed. reprinted). USA: Blackwell Publishing. 2009

Dodd, J. R., & Stanton, R. J. *Paleoecology: Concepts and Applications* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Wiley Interscience Publication. 1990

Fariña, R. A., Vizcaíno, S. F., & De Iuliis, G. *Megafauna: Giant Beasts of Pleistocene South America*. Indiana: Indiana University Press. 2013

García, P., Sour, F., Montellano, M. *Paleontología*. México: Coordinación de Servicios Editoriales Facultad de Ciencias, UNAM. 1997

Gilbert, S. F. *Biología del desarrollo* (7<sup>a</sup> ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana. 2005

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice- Hall of India, Private Limited. 2008

Nebel, B. J., & Smith, R. T. *Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible*. México: Pearson Educación. 1999

Nelson, F. P. *Evolution Dissected*. Brushton, New York: TEACH Service, Inc. 2003

Nieto, M., & Rodríguez, J. Inferencia paleoecológica en mamíferos cenozoicos: limitaciones metodológicas. *Coloquios de Paleontología*, Vol. 1, 451- 475. 2003

Palmqvist, P., Gröcke, D. R., Arribas, A., & Martínez-Navarro, B. Análisis biogeoquímico y paleosinecológico de la asociación de macromamíferos del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, Granada). *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26, 10-18. 1999

Patarroyo, P. *Notas de clase: Principios de Paleontología*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias. 2005

Renzi, M., Martinell, J., & Reguant, S. Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología. *Acta Geológica Hispánica*, 2, 80-86. 1975

Rowland, M. *Biology*. United Kingdom: Thomas Nelson and Sons Ltd. 1992

Schwimmer, D. R. *King of the Crocodylians: The Paleobiology of Deinosuchus*. Indianapolis: Indiana University Press. 2002

Starr, C., Evest, C. A., & Starr, L. *Biology: Concepts and Applications without Physiology* (9<sup>th</sup> ed.). Stamford, USA: Cengage Learning. 2015

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., & Cano-Santana, Z. *Ecología y medio ambiente*. México: Pearson Educación. 2005

### **3. LABORATORIO N°2: PROCESOS TAFONÓMICOS**

#### **3.1 OBJETIVOS**

- Reconocer la importancia del registro fósil para entender la vida del pasado y su relevancia en el estudio y correlación con otras ciencias de la tierra como la estratigrafía o sedimentología.
- Reconocer los diferentes tipos de fósiles.
- Identificar los procesos tafonómicos que afectaron a los ejemplares estudiados, antes de ser enterrados y después de ocurrida la diagénesis.
- Plantear el ambiente, energía y condiciones químicas bajo las cuales se formó el fósil, teniendo en cuenta la composición y alteraciones de la muestra estudiada.
- Elaborar hipótesis sobre el lugar de hábitat de un espécimen y el lugar de enterramiento del mismo por medio del estudio de las asociaciones básicas entre organismos (biocenosis, tanatocenosis y tafocenosis).

#### **3.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandeja N° 2 del laboratorio de paleontología, que incluye todos los fósiles relacionados con los procesos tafonómicos.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

### 3.3 MARCO TEÓRICO

Originalmente los fósiles se definieron como los restos de organismos prehistóricos preservados en rocas<sup>76, 77, 78</sup> cuya origen es el resultado directo del proceso de fosilización, mediante el cual se lleva a cabo la transformación de la materia viva en un resto mineralizado<sup>79</sup>; no obstante, hoy en día el concepto es mucho más amplio, pues aunque la mayoría de los fósiles comprenden las partes duras o más resistentes de los organismos (conchas, huesos o dientes), hay que tener en cuenta que fósil no hace referencia únicamente a los remanentes esqueléticos de los organismos del pasado, sino que incluye cualquier evidencia de actividad biológica como huellas, senderos o madrigueras<sup>80, 81, 82, 83</sup>, e igualmente hace referencia a cualquier tipo de producción biogénica que se preserve en el registro geológico, ya sean materiales o estructuras producidas directamente por los organismos, materiales transformados por actividad biológica o materiales usados por los seres vivos para realizar alguna actividad<sup>84</sup>.

Aunque los fósiles proveen evidencia crucial de la historia de los últimos mil millones de años o más<sup>85</sup>, a causa de la selectividad del proceso de fosilización (en el cual los organismos de partes blandas no se conservan), sólo una pequeña

---

<sup>76</sup> Taylor, P. D. Bryozoans and Paleoenvironmental Interpretation. *Golden Jubilee*, 50 (2), 1-11. 2005

<sup>77</sup> Ritter, S., & Petersen, M. *Interpreting Earth History: A Manual in Historical Geology* (8<sup>th</sup> ed.). Long Grove, Illinois: Waveland Press, Inc. 2015

<sup>78</sup> Wicander, R., & Monroe, J. S. *Historical Geology: Evolution of Earth and Life Through Time* (8<sup>th</sup> ed.). Australia: Cengage Learning. 2015

<sup>79</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>80</sup> Pardo, A. Fósiles y Fosilización: Procesos y Resultados de la Larga Historia Subterránea. *Boletín SEA*, 16, 31-42. 1996

<sup>81</sup> Fortey, R. *Fossils: The History of Life*. New York: Sterling Publishing Co. 2009

<sup>82</sup> Lieberman, B. S., & Kaesler, R. L. *Prehistoric Life: Evolution and the Fossil Record*. Oxford: Wiley Blackwell. 2010

<sup>83</sup> Wicander, & Monroe, Op. Cit.

<sup>84</sup> Cruz, L. E., Mier, R., García, M. & Cruz, L. F. [en preparación]. A new proposal of classifying and naming of sedimentary deposits rocks: genetic and descriptive.

<sup>85</sup> Fortey, R. *Fossils: The History of Life*. New York: Sterling Publishing Co. 2009

fracción del total de especies del pasado y de especies extintas durante la historia geológica ha sido conservada<sup>86, 87</sup>.

**3.3.1 Estudio tafonómico.** La tafonomía es la rama de la paleontología que se ocupa del estudio y análisis de las circunstancias y procesos que suceden a los restos orgánicos para llegar a fosilizarse, desde la muerte del espécimen hasta su colecta de campo (antes y después de su enterramiento)<sup>88, 89</sup> y su objetivo principal es explicar cómo se ha formado y qué modificaciones ha tenido el registro fósil<sup>90</sup>. El estudio tafonómico es importante para explicar las asociaciones fósiles presentes en las rocas sedimentarias<sup>91</sup>.

Hoy en día se enfoca principalmente en el entendimiento geobiológico del planeta para reconstruir la biota y ambientes pasados<sup>92</sup>, pero para ello, es importante diferenciar entre el lugar de hábitat de un organismo y el lugar de enterramiento del mismo<sup>93</sup>.

- Biocenosis: Unión de organismos vivientes que se forma como resultado de la lucha por la supervivencia, la selección natural, la evolución y otros factores en el ecosistema<sup>94, 95, 96</sup>.

---

<sup>86</sup> García, Sour, & Montellano, Op. Cit.

<sup>87</sup> Prothero, D. R. Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology. New York: Columbia University Press. 2003

<sup>88</sup> Renzi, Martinel, & Reguant, Op. Cit.

<sup>89</sup> Prothero, Op. Cit.

<sup>90</sup> Fernández-López, S. R. Tafonomía, Fosilización y Yacimientos de Fósiles: Modelos Alternativos. Enseñanza de las ciencias de la Tierra, (9.2), 116- 120. 2001

<sup>91</sup> Dodd, & Stanton, Op. Cit.

<sup>92</sup> Behrensmeyer, A. K., Kidwell, S. M., & Gastaldo, R. A. Taphonomy and Paleobiology. Paleobiology, 26 (4), 103-147. 2000

<sup>93</sup> Renzi, Martinel, & Reguant, Op. Cit.

<sup>94</sup> Hedberg, H. D. Guía estratigráfica internacional: Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1980

<sup>95</sup> García, Sour, & Montellano, Op. Cit.

<sup>96</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

- Tafocenosis: Conjunto de restos de organismos que fueron enterrados juntos<sup>97, 98, 99</sup>. En este caso, los organismos autóctonos son enterrados junto con seres alóctonos que fueron transportados previamente (Figura 2.1).

**Figura 2.1. Fotografía de una asociación fósil correspondiente a una tafocenosis.**



Fuente: Autor.

- Tanatocenosis: Conjunto de restos de organismos que vivieron juntos<sup>100, 101, 102</sup>. Puede identificarse mediante la evidencias de transporte: conchas partidas, desgastadas o en una misma dirección; evidencias de clasificación: separación de especímenes más grandes de los más pequeños debido al transporte por agua o por evidencia de yuxtaposición de organismos (Figura 2.2).

<sup>97</sup> Meléndez, B. Tratado de Paleontología. Volumen 1. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC - CSIC Press): 1998. 457 pp.

<sup>98</sup> García, Sour, & Montellano, Op. Cit.

<sup>99</sup> Fernández-López, S. R. Temas de Tafonomía. Madrid: Departamento de Paleontología Universidad Complutense de Madrid. 2000b

<sup>100</sup> Hedberg, Op. Cit.

<sup>101</sup> García, Sour, & Montellano, Op. Cit.

<sup>102</sup> Meléndez, 2000b, Op. Cit.

3.3.1.1 Bioestratinomía y fosildiagénesis: En la actualidad la bioestratinomía y la fosildiagénesis, dos disciplinas reconocidas dentro del estudio tafonómico, son las encargadas de estudiar los procesos que afectan a un organismo después de su muerte, antes y después del enterramiento del mismo<sup>103</sup>.

**Figura 2.2. Asociación fósil de varios ejemplares del género *Orthoceras brugiere* (Cefalópoda), correspondiente a una tanatocenosis**



Fuente: Instituto de Geología UNAM.

- Bioestratinomía: Se ocupa de las modificaciones ocurridas antes del enterramiento de un espécimen y su enfoque principal es interpretar la orientación y dirección de los cuerpos fósiles para explicar el tipo de transporte que sufrieron los organismos antes de ser enterrados y las posibles causas de su muerte.

---

<sup>103</sup> Fernández-López, 2001, Op. Cit.

- **Fosildiagénesis:** Estudia las modificaciones post-enterramiento con el objetivo de identificar los procesos físicos y químicos que afectaron los cuerpos una vez enterrados, como por ejemplo el retrabajamiento, recristalización o reemplazamiento. La orientación de los cuerpos fósiles también puede ser objeto de estudio de la fosildiagénesis, ya que después del enterramiento los elementos conservados pueden ser desplazados debido a la acción de organismos bioturbadores, por la carga litostática o por fuerzas tectónicas.

**3.3.2 Importancia del registro fósil.** El hecho de que los fósiles aporten información biológica y geológica permite emplearlos para determinar ambientes de deposición de sedimentos y como evidencia de la evolución de organismos<sup>104</sup>; además, son esenciales para determinar la edad relativa de los estratos en que se encuentran<sup>105, 106, 107</sup> y para entender los procesos físicos y químicos que afectaron la roca, ya que los procesos que actúan sobre fósil y litología son los mismos (Fortey, 2009). Igualmente, son evidencia clave para comprender los eventos de extinción ocurridos en nuestro planeta<sup>108</sup>.

**3.3.3 Ocurrencia de invertebrados fósiles.** El registro fosilífero es mucho más común en rocas sedimentarias<sup>109</sup> pero puede también encontrarse en depósitos volcánicos<sup>110</sup>; no obstante, es muy raro hallar estos remanentes de vida pasada en rocas metamórficas, aunque puede ocurrir en rocas con bajo grado de

---

<sup>104</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>105</sup> Schindewolf, O. H. Basic Questions in Paleontology: Geologic Time, Organic Evolution, and Biological Systematics. Chicago: The University of Chicago Press. 1993

<sup>106</sup> Lieberman, B. S., & Kaesler, R. L. Prehistoric Life: Evolution and the Fossil Record. Oxford: Wiley Blackwell. 2010

<sup>107</sup> Wicander, R., & Monroe, J. S. Historical Geology: Evolution of Earth and Life Through Time (8<sup>th</sup> ed.). Australia: Cengage Learning, 2015

<sup>108</sup> Fernández-López, S. R. La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones. Coloquios de Paleontología, 51, 267-280. 2000a

<sup>109</sup> Clarkson, Op. Cit.

<sup>110</sup> Kiver, E. P., & Harris, D. V. Geology of U.S. Parklands (5<sup>th</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1999

metamorfismo<sup>111, 112, 113</sup>. Las calizas son consideradas como la mejor fuente de restos fósiles<sup>114</sup> y debido a su dureza, la forma y textura original de los especímenes logra conservarse, mientras que en litologías blandas como los shale, que suelen comprimirse con facilidad, los fósiles tienden a deformarse constantemente, haciendo en muchas ocasiones que la misma especie de organismos pueda tener diferentes apariencias dependiendo de dónde han sido preservadas.<sup>115</sup>

**3.3.4 Factores que afectan el proceso de fosilización.** Hay ciertos factores que condicionan el proceso de fosilización de los organismos<sup>116, 117, 118, 119</sup>.

- Taza de enterramiento favorable en el sitio en que murió el espécimen: Los restos deben ser enterrados rápidamente para que no sean destruidos por los procesos físicos y químicos del ambiente, además, este hecho impide el aporte de oxígeno y frena el proceso de descomposición.
- Propiedades físicas o químicas adecuadas del medio: El transporte conlleva a una destrucción rápida de los restos, un medio ácido hace que los remanentes calcáreos se disuelvan más rápido.
- Características intrínsecas del propio organismo: Morfología resistente como huesos o conchas.
- Condiciones a las que han sido expuestos los sedimentos que contienen los fósiles.

---

<sup>111</sup> Bernard, S., Benzerara, K., Beyssac, O., Menguy, N., Guyot, F., Brown, G., Goffé, B. Exceptional preservation of fossil plant spores in high-pressure metamorphic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 262, 257-272. 2007

<sup>112</sup> Hollocher, K. *A Pictorial Guide to Metamorphic Rocks in the Field*. London: CRC Press. 2014

<sup>113</sup> Wicander, R., & Monroe, J. S. *Historical Geology: Evolution of Earth and Life Through Time* (8<sup>th</sup> ed.). Australia: Cengage Learning. 2015

<sup>114</sup> Taylor, P. D., & Lewis, D. N. *Fossil Invertebrates*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 2005

<sup>115</sup> Fortey, Op. Cit.

<sup>116</sup> García, Sour, & Montellano, Op. Cit.

<sup>117</sup> Prothero, Op. Cit.

<sup>118</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>119</sup> Wicander, & Monroe, Op. Cit.

- No todos los ambientes sedimentarios son apropiados para que se lleve a cabo el proceso de fosilización, aquellos con sedimentos finos facilitan el suceso.

**3.3.5 Tipos de fósiles.** Mediante la fosilización pueden producirse tres tipos básicos de fósiles<sup>120, 121, 122, 123, 124</sup>:

- Fósiles traza: También llamados icnofósiles. Se clasifican como evidencias del comportamiento, funcionamiento, nutrición, reproducción y asociación de los organismos. Presentan evidencia indirecta de vida pasada mientras que son indicadores directos del comportamiento: diferentes tipos de animales viven en diferentes ambientes y dejan diferentes evidencias de sus actividades. Como son usualmente preservados en donde fueron hechos son muy buenos indicadores de los ambientes sedimentarios (Figura 2.3).

Hay que tener en cuenta que los moldes o impresiones no son fósiles traza porque no son resultado de procesos ocurridos durante la vida del animal, estos ejemplos corresponden a cuerpos fósiles.

---

<sup>120</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>121</sup> Fortey, R. Fossils: The History of Life. New York: Sterling Publishing Co. 2009

<sup>122</sup> Clarkson, E. Invertebrate Palaeontology and Evolution (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

<sup>123</sup> Coe, A. L., Argles, T. W., Rothery, D. A., & Spicer, R. A. Geological Field Techniques. Malaysia: Blackwell Publishing Ltd. 2010

<sup>124</sup> Milsom, C., & Rigby, S. Fossils at a Glance (2<sup>nd</sup> ed.). New Jersey: Willey-Blackwell Publishing. 2010

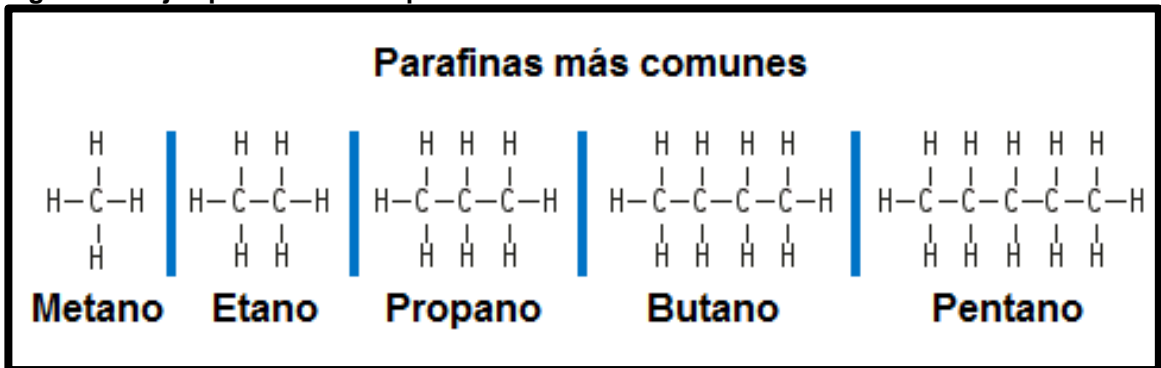
**Figura 2.3. Fotografía de sérpulas sp.**



Fuente: Autor.

- Fósiles químicos: Cuando algunos organismos se descomponen dejan una firma química característica, dando información indirecta de la existencia de vida pasada; por ejemplo, cuando las plantas mueren, su clorofila se descompone en moléculas orgánicas estables y distintivas, cuando estas moléculas se encuentran en rocas antiguas evidencian la presencia de plantas en esa época (Figura 2.4).

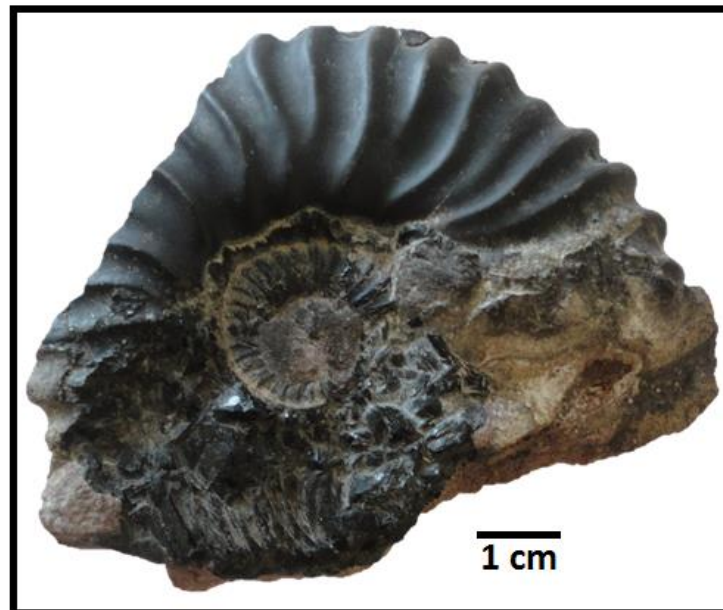
Figura 2.4. Ejemplo de un fósil químico.



Fuente: <http://www.imp.mx/petroleo/?imp=comp>.

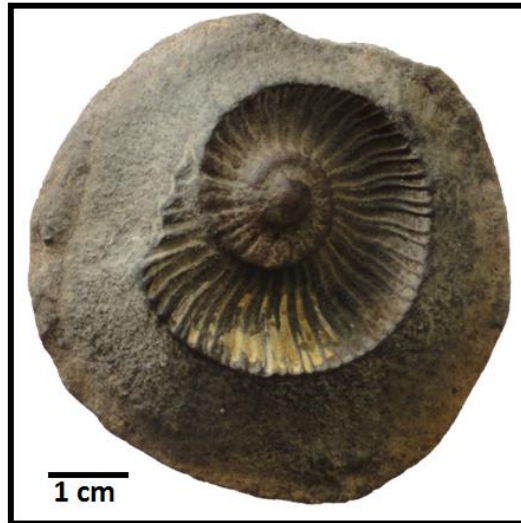
- Cuerpos fósiles: Remanentes esqueléticos o corpóreos de organismos (Figura 2.5 y Figura 2.6).

Figura 2.5. Fotografía de un fragmento de concha de cefalópodo.



Fuente: Autor.

**Figura 2.6. Fotografía de la impresión de la concha de un cefalópodo.**



Fuente: Autor.

**3.3.6 Estado de preservación de fósiles.** En el momento en que un organismo muere hay una gran pérdida de información debido a la descomposición y desgaste antes de que el espécimen se entierre, por eso, para entender el proceso de fosilización es importante determinar el tipo de fosilización que se llevó a cabo partiendo del estado de conservación del organismo<sup>125</sup>, <sup>126</sup>, <sup>127</sup>, <sup>128</sup>, <sup>129</sup>, <sup>130</sup>.

- Restos sin alterar: Se preserva la composición y estructura original del organismo. Puede darse por congelamiento, momificación, preservación en ámbar o alquitrán. Cuando ocurren estos casos se pueden preservar detalles únicos e importantes como el color, dieta, musculatura, textura del pelo y otras características que los paleontólogos solo pueden inferir (Figura 2.7).
- Restos alterados: Cambia la composición original del organismo. Puede generarse por varios procesos y depende tanto de la composición original del

---

<sup>125</sup> Pardo, Op. Cit,

<sup>126</sup> Meléndez, Op. Cit.

<sup>127</sup> Prothero, Op. Cit.

<sup>128</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>129</sup> Fortey, Op. Cit.

<sup>130</sup> Wicander, & Monroe, Op. Cit.

organismo como de los agentes químicos a los cuales estuvo expuesto después de morir. Incluye la permineralización, recristalización, reemplazamiento y carbonización:

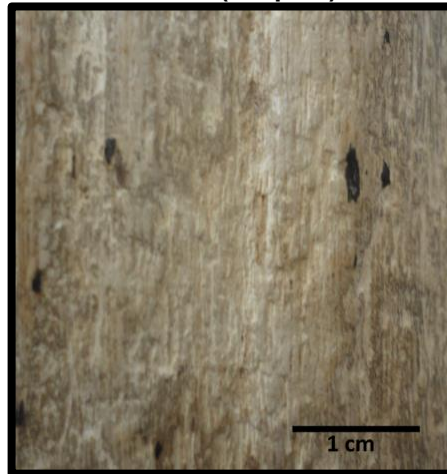
**Figura 2.7. Fotografía de 16 segmentos de pluma conservados en ámbar en la localidad de Alberta, Canadá.**



Fuente: Plumas de dinosaurio conservadas en ámbar. SCIENCE/AAAS En [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2011/09/15/actualidad/1316037624\\_850215.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2011/09/15/actualidad/1316037624_850215.html).

- Permineralización: La mayoría de tejidos biológicos están llenos de poros y canales. Cuando el organismo muere y es enterrado, las partes blandas se descomponen y las estructuras duras entran en contacto con el agua subterránea que empieza a circular por los poros, precipitando en estos el sílice o carbonatos y generando la solidificación del hueso o estructura (Figura 2.8).

**Figura 2.8. Fotografía de un tronco fosilizado (xilópalo)**



Fuente: Autor

- **Recristalización:** Cambio en la estructura cristalina del espécimen. Cuando se entierra el organismo, el aragonito, forma más inestable del carbonato de calcio es llevado a una forma más estable (calcita). En estos casos, la apariencia original del fósil se conserva pero la textura cambia. La diferencia entre la permineralización y la recristalización es que en la primera no se remueve ningún compuesto original (Figura 2.9).

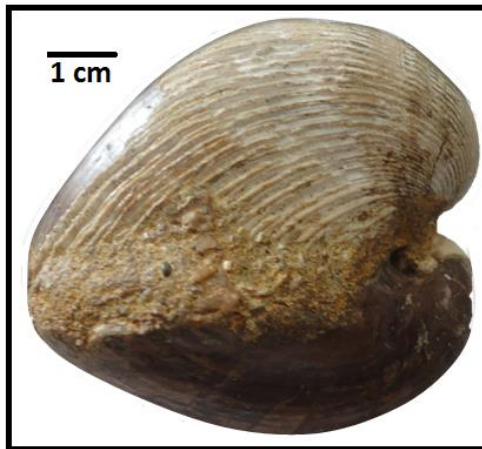
**Figura 2.9. Fotografía de un hueso recristalizado en apatito.**



Fuente: Autor

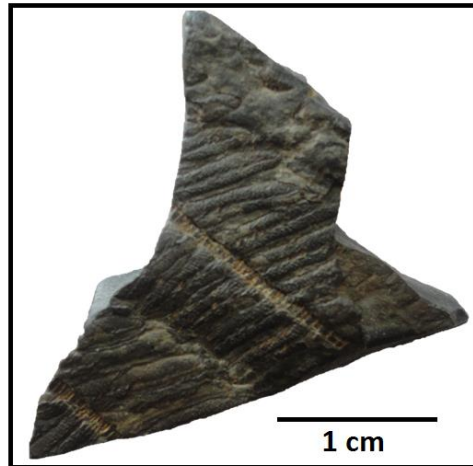
- Reemplazamiento: En estos casos un compuesto químico reemplaza otro. Cuando el agua entra en contacto con las conchas o huesos puede haber una disolución del material original. Si el fósil se disuelve y deja un vacío, éste puede rellenarse de nuevo material y formar un molde interno, conservando la forma del espécimen (Figura 2.10)
- Carbonización: Cuando el organismo muere, la mayoría de materiales volátiles y gases se dispersan y dejan un residuo parecido al carbón. Las plantas y los caparzones quitinosos aparecen casi siempre carbonizados, ya que la celulosa en ausencia de oxígeno se descompone en gas carbónico y metano que suelen escapar, dejando solo el carbono (Figura 2.11).

**Figura 2.10. Fotografía de un fósil de bivalvo del género *Cuculle gabrielis***



Fuente: Autor.

**Figura 2.11. Fósil de hoja producto del proceso de carbonización.**



Fuente: Autor, muestra P-914 bandeja N° 1 del laboratorio.

### **3.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS**

#### Trabajo Individual

Al igual que en el laboratorio anterior, escoja una de las muestras fósiles que se ubican en la bandeja N°2 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio y realice el mismo procedimiento para la mayor cantidad de especímenes de colección que se incluyen en este laboratorio.

- Fase de observación

Observe las siguientes características del ejemplar:

- 1) ¿Cuántos ejemplares diferentes componen la muestra?
- 2) Según la morfología que observa ¿Qué tipo de organismo se encuentra fosilizado?
- 3) ¿En qué tipo de sedimento fosilizó el espécimen?
- 4) ¿Qué grado de conservación presenta el ejemplar?
- 5) ¿Está el fósil completo o fragmentado?

- 6) ¿Puede observar rasgos finos de la morfología original en la muestra?
- 7) ¿Observa algún tipo de alteración en los fósiles estudiados?
- 8) ¿En qué posición se encuentran los organismos?
- 9) ¿A qué tipo de fósil corresponde? ¿Es un cuerpo fósil, un fósil traza o un fósil químico?
- 10) En caso que la muestra corresponda a un cuerpo fósil ¿Se han preservado sólo las partes duras de sus cuerpos o se conservan aún ciertas partes blandas?
- 11) ¿Cuál es el grosor de las estructuras esqueléticas?

- Fase de descripción

Con base en los detalles identificados durante la fase de observación, realice un dibujo de la muestra estudiada, en donde se representen tanto los aspectos generales del fósil como los detalles del mismo, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible y que incorpore todas las características morfológicas que ha identificado. Realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

Teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos durante el laboratorio y con base en lo aprendido durante la práctica de Paleoecología, responda las siguientes preguntas y argumente sus respuestas.

- 1) ¿Está el ejemplar in situ o ha sufrido algún desplazamiento?
- 2) En caso de que el espécimen sea alóctono, ¿Qué distancia (corta o larga) recorrió antes de ser enterrado?
- 3) Defina qué tipo de transporte (p.e. corriente, remoción) sufrió el organismo antes de ser enterrado y las posibles causas de su muerte.
- 4) Formule una posición en vida para el ejemplar con base en su morfología.
- 5) Proponga en qué ambiente vivía el espécimen y la energía del medio.

- 6) Plantee las condiciones químicas bajo las cuales fosilizó el organismo con base en las alteraciones que observa en el fósil.
- 7) En caso de que la muestra se componga únicamente por sedimento, defina la energía del medio en que se dio la fosilización.
- 8) Si la muestra corresponde a una asociación de organismos, ¿Se trata de una tanatocenosis o una tafocenosis? ¿Está éste hecho relacionado con el posicionamiento y dirección de los restos?

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros.

### 3.5 BIBLIOGRAFÍA

Behrensmeyer, A. K., Kidwell, S. M., & Gastaldo, R. A. Taphonomy and Paleobiology. *Paleobiology*, 26 (4), 103-147. 2000

Bernard, S., Benzerara, K., Beyssac, O., Menguy, N., Guyot, F., Brown, G., Goffé, B. Exceptional preservation of fossil plant spores in high-pressure metamorphic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 262, 257-272. 2007

Clarkson, E. N. K. *Invertebrate Paleontology and Evolution* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). USA: Blackwell Publishing. 2009

Coe, A. L., Argles, T. W., Rothery, D. A., & Spicer, R. A. *Geological Field Techniques*. Malaysia: Blackwell Publishing Ltd. 2010

Cruz, L. E., Mier, R., García, M. & Cruz, L. F. [en preparación]. A new proposal of classifying and naming of sedimentary deposits rocks: genetic and descriptive.

Dodd, J. R., & Stanton, R. J. *Paleoecology: Concepts and Applications* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1990

Fernández-López, S. R. La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones. *Coloquios de Paleontología*, 51, 267-280. 2000a

Fernández-López, S. R. *Temas de Tafonomía*. Madrid: Departamento de Paleontología Universidad Complutense de Madrid. 2000b

Fernández-López, S. R. Tafonomía, Fosilización y Yacimientos de Fósiles: Modelos Alternativos. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, (9.2), 116- 120. 2001

Fortey, R. *Fossils: The History of Life*. New York: Sterling Publishing Co. 2009

García, P., Sour, F., & Montellano, M. *Paleontología*. México: Coordinación de Servicios Editoriales Facultad de Ciencias, UNAM. 1997

Hedberg, H. D. *Guía estratigráfica internacional: Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1980

Hollocher, K. *A Pictorial Guide to Metamorphic Rocks in the Field*. London: CRC Press. 2014

Kiver, E. P., & Harris, D. V. *Geology of U.S. Parklands* (5<sup>th</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1999

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice- Hall of India, Private Limited. 2008

Lieberman, B. S., & Kaesler, R. L. *Prehistoric Life: Evolution and the Fossil Record*. Oxford: Wiley Blackwell. 2010

Meléndez, B. *Tratado de paleontología, Volumen 1*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1998

Milsom, C., & Rigby, S. *Fossils at a Glance* (2<sup>nd</sup> ed.). New Jersey: Willey-Blackwell Publishing. 2010

Pardo, A. Fósiles y Fosilización: Procesos y Resultados de la Larga Historia Subterránea. *Boletín SEA*, 16, 31-42. 1996

Prothero, D. R. *Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology*. New York: Columbia University Press. 2003

Renzi, M., Martinel, J., & Reguant, S. Bioestratigrafía, tafonomía y paleoecología. *Acta Geológica Hispana*, 2, 80-86. 1975

Ritter, S., & Petersen, M. *Interpreting Earth History: A Manual in Historical Geology* (8<sup>th</sup>ed.). Long Grove, Illinois: Waveland Press, Inc. 2015

Schindewolf, O. H. *Basic Questions in Paleontology: Geologic Time, Organic Evolution, and Biological Systematics*. Chicago: The University of Chicago Press. 1993

Taylor, P. D., & Lewis, D. N. *Fossil Invertebrates*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 2005

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Wicander, R., & Monroe, J. S. *Historical Geology: Evolution of Earth and Life Through Time* (8<sup>th</sup>ed.). Australia: Cengage Learning. 2015

## **4. LABORATORIO N°3: Determinación de biozonas a partir de foraminíferos**

### **4.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los foraminíferos para facilitar el reconocimiento bajo lupa y en campo de los organismos fósiles pertenecientes a este filo.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su adaptación al medio ambiente en que habitaron.
- Reconocer la importancia de los foraminíferos como fósiles índice y su relevancia en la bioestratigrafía.
- Caracterizar biozonas a partir de la interpretación del registro fósil de foraminíferos.

### **4.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandeja N° 3 del laboratorio de paleontología, que incluye muestras fósiles de foraminíferos

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

## 4.3 MARCO TEÓRICO

**4.3.1 Introducción al Phylum Foraminífera.** Los foraminíferos son un grupo de protozoos marinos que aparecieron por primera vez en el Cámbrico<sup>131, 132, 133</sup> e invadieron los ambientes marinos durante el curso del Fanerozoico hasta poblar los mares y océanos actuales<sup>134</sup>.

Aunque son organismos unicelulares, cumplen con las funciones fundamentales de los seres multicelulares debido a que están compuestos por una única célula eucariota, la cual les permite alimentarse, defecar, moverse, crecer, reproducirse y responder a los estímulos del ambiente, ya que a diferencia de los organismos multicelulares, que emplean varios órganos para llevar a cabo estas actividades, los foraminíferos utilizan los organelos de su célula para cumplir cada función<sup>135, 136, 137</sup>.

**4.3.2 Importancia del registro fósil de foraminíferos.** Cerca del 90% de todas las especies de foraminíferos se han descubierto a partir de fósiles<sup>138</sup> y se atribuye este alto porcentaje de restos a la extinción masiva causada por el impacto de un asteroide en la península de Yucatán<sup>139</sup>. Los geólogos utilizan las más de 40 mil

---

<sup>131</sup> Pawlowski, J., Holzmann, M., Berney, C., Fahrni, J., Gooday, A. J., Cedhagen, T.,...Bowser, S. S. The evolution of early Foraminifera. *PNSA*, 100 (20), 11494–11498. 2003

<sup>132</sup> Gupta, B. K. *Modern Foraminífera*. New York: Kluwer Academic Publishers. 2003

<sup>133</sup> Bergslien, E. *An Introduction to Forensic Geoscience*. Oxford: Wiley- Blackwell. 2012

<sup>134</sup> Calonge A., & Canales, M. L. El mundo de los microfósiles. En L. Rebollo, M. D. López-Carrillo & A. Rábano (Eds.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 41-51). Madrid: Cuadernos del Museo Geominero n° 11. 2008

<sup>135</sup> Calonge, A., Causse, E., & García, J. Los Foraminíferos: Presente y Pasado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (9.2), 144-150. 2001

<sup>136</sup> Gupta, Op. Cit,

<sup>137</sup> BouDagher-Fadel, M. K. *Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera*. Amsterdam: Elsevier. 2008

<sup>138</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>139</sup> Alegret, L., & Thomas, E. Benthic foraminifera across the Cretaceous/Paleogene boundary in the Southern Ocean (ODP Site 690): Diversity, food and carbonate saturation. *Marine Micropaleontology*, 105, 40–51. 2013

especies fósiles para identificar capas de sedimento de la misma edad separadas geográficamente<sup>140</sup> ya que debido a su complejidad estructural y su diversidad en los ambientes, los fósiles de foraminíferos proveen información paleoambiental y bioestratigráfica única<sup>141, 142, 143</sup>.

Los foraminíferos han producido probablemente el mejor registro fósil del planeta a causa de su excelente preservación en los sedimentos oceánicos, permitiendo conocer sus cambios morfológicos y variaciones en su hábitat<sup>144</sup>; además, la abundancia de formas fósiles y de sus representantes actuales facilita su observación y estudio y los convierte en una herramienta privilegiada para estudiar el presente y pasado de la Tierra; sin embargo, en cualquier estudio de tipo paleobiológico el elemento básico y único para diferenciar estos organismos en estado fósil es la concha<sup>145</sup>.

**4.3.3 Morfología.** Se diferencian de otros protistas por tener pseudópodos filiformes (proyecciones orgánicas con filamentos granulares, ramificados o consolidados) que pueden sobresalir en casi todas las partes de la superficie celular por medio de poros y que le sirven al organismo para nadar, alimentarse y sintetizar la concha.<sup>146, 147, 148, 149</sup>

---

<sup>140</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>141</sup> Hromic, T. Foraminíferos Bentónicos Recolectados Durante la Expedición CIMAR 14 Fiordos, Patagonia Chilena. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 39 (1), 75-89. 2011

<sup>142</sup> Hippensteel, S. P. Using Foraminifera to Teach Paleoenvironmental Interpretation and Geoarchaeology: A Case Study from Folly Island, South Carolina. *Journal of Geoscience Education*, 54 (4), 526-531. 2006

<sup>143</sup> BouDagher-Fadel, Op. Cit.

<sup>144</sup> Santa Rosa-del Río, M. A., Ávila, G. E., Tellez, M. A., Gonzales, O., & Cupul, L. A. Distribución y abundancia de tanatocenosis de foraminíferos bentónicos submareales en el delta del río Colorado. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63 (3), 445-458. 2011

<sup>145</sup> Calonge, Causs, & García, 2001, Op. Cit.

<sup>146</sup> Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

<sup>147</sup> Murray, J. W. *Ecology and Paleocology of Benthic Foraminifera*. London: Taylor & Francis Group. 1991

<sup>148</sup> BouDagher-Fadel, Op. Cit.

<sup>149</sup> Flügel, E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Springer Science & Business Media. 2010

Por otro lado, los foraminíferos constituyen uno de los pocos grupos de seres unicelulares que fijan su superficie celular mediante la construcción de un esqueleto mineral o concha<sup>150</sup>, la cual es construida por el mismo organismo y puede ser orgánica, aglutinada (construida por partículas cementadas por los foraminíferos) o compuesta de calcio, carbonato y en raros casos sílice<sup>151, 152, 153</sup>. La concha refleja un conjunto de características funcionales del organismo vivo y ayuda a comprender el éxito de ciertos foraminíferos en determinados ambientes y sus tendencias evolutivas a lo largo de la historia. El proceso empleado en la construcción de la concha permite diferenciar tres tipos principales de foraminíferos<sup>154, 155, 156, 157</sup>:

4.3.3.1 Foraminíferos Aglutinados: La célula produce una matriz orgánica que une (por medio de los pseudópodos) materiales disponibles en el medio en que vive, tales como granos minerales, espículas de esponjas, diatomeas, etc. La mayoría de foraminíferos aglutinados cementan los elementos exteriores con carbonato cálcico, pero ante la falta de este compuesto pueden hacerlo con cementos silíceos, ferruginosos u orgánicos.

4.3.3.2 Foraminíferos Porcelanados: El aparato de Golgi produce agujas de calcita magnesiana, las cuales son transportadas y acumuladas en el exterior y pueden servir como cemento de elementos externos.

---

<sup>150</sup> Arenillas, I., Arz, J. A. & Náñez, C. Morfología, biometría y taxonomía de foraminíferos planctónicos del Daniense basal: *Palaeoglobigerina* n. gen. *Revista Española de Paleontología*, 22 (1), 21-62. 2007

<sup>151</sup> Gupta, Op. Cit.

<sup>152</sup> Pawlowski, J. Foraminifera. En M. Schaechter (Ed.), *Eukaryotic Microbes* (pp. 291-300). San Diego, California: Academic Press. 2009

<sup>153</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>154</sup> Bignot, G. *Elements of Micropalaeontology: Microfossils, Their Geological and Paleobiological Applications*. Boston: Graham & Trotman Limited. 1985

<sup>155</sup> Calonge, Causs, & García, Op. Cit.

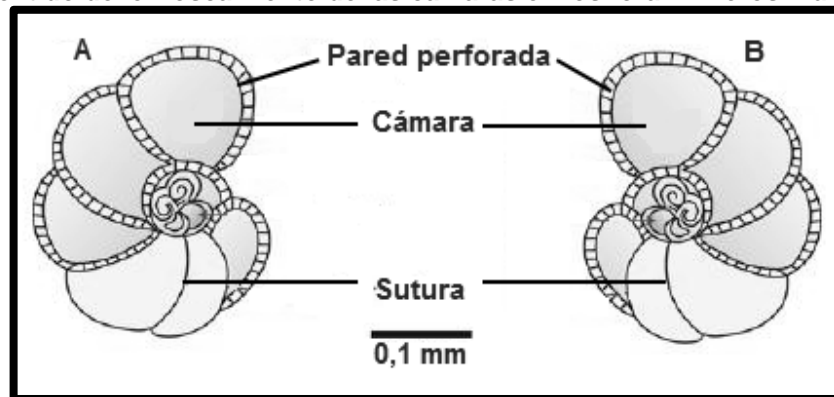
<sup>156</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>157</sup> Saraswati, P. K., & Srinivasan, M. S. *Micropaleontology: Principles and Applications*. Switzerland: Springer International Publishing. 2015

4.3.3.3 Foraminíferos Hialinos: La concha de estos foraminíferos se forma por un proceso de biomineralización que tiene lugar exteriormente al cuerpo protoplasmático y que permite el crecimiento de cristales de calcita.

**4.3.4 Crecimiento.** Se puede dar por el crecimiento de una simple cámara (unilocular) que crece de manera continua, o por la adición de nuevas cámaras intermitentemente a través de aglutinamiento (multilocular) en un complejo sistema de crecimiento discontinuo, que consiste en añadir a la concha previamente formada nuevo material esquelético por medio de una sutura, la disposición de las cámaras varía según el género y su adición puede darse en el sentido de las manecillas del reloj o contrario a este (Figura 3.1) y puede generar diferentes morfologías en estos. Este último tipo de crecimiento es el más común en los foraminíferos y los hace únicos entre los seres unicelulares, permitiéndoles obtener un gran tamaño y complejidad como los Nummulites, que pueden llegar a alcanzar los 10 centímetros de diámetro<sup>158, 159, 160, 161</sup>.

Figura 3.1. Sentido del enroscamiento de las cámaras en los foraminíferos multiloculados,



Fuente: Autor

<sup>158</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>159</sup> Gupta, Op. Cit.

<sup>160</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>161</sup> Bergslien, Op. Cit.

**4.3.5 Variables morfológicas empleadas para su estudio.** Las variables morfológicas más utilizadas en el estudio de los foraminíferos son<sup>162, 163, 164</sup>:

- Disposición de las cámaras: Depende de la posición de la abertura (o aberturas) en la cámara. La manera más sencilla es la disposición de las cámaras a lo largo de un eje rectilíneo, pero la más empleada por los foraminíferos es aquella en que las cámaras se disponen siguiendo una espiral<sup>165</sup> (Figura 3.2).
- Número de cámaras
- Forma de la concha y de las cámaras
- Textura de la pared y ornamentación, tipo de pared (Figura 3.3 y Figura 3.4)
- Tipo de poros
- Tipo de sutura (Figura 3.5)
- Forma y posición de la abertura principal (Figura 3.6 y 3.7)
- Tamaño de la concha

---

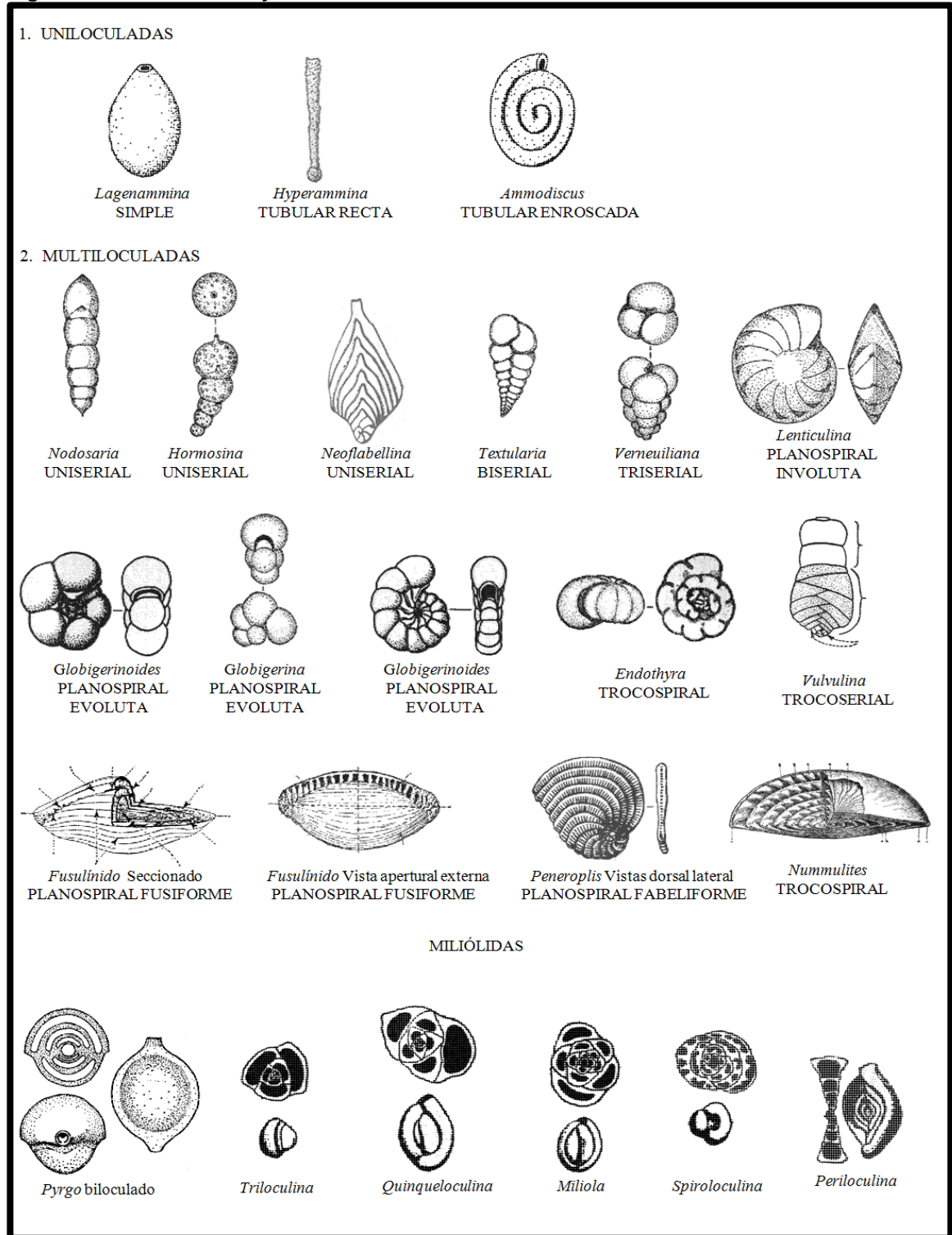
<sup>162</sup> Arenillas, Arz, & Náñez, Op. Cit.

<sup>163</sup> Calonge & Canales, Op. Cit.

<sup>164</sup> Flügel, Op. Cit.

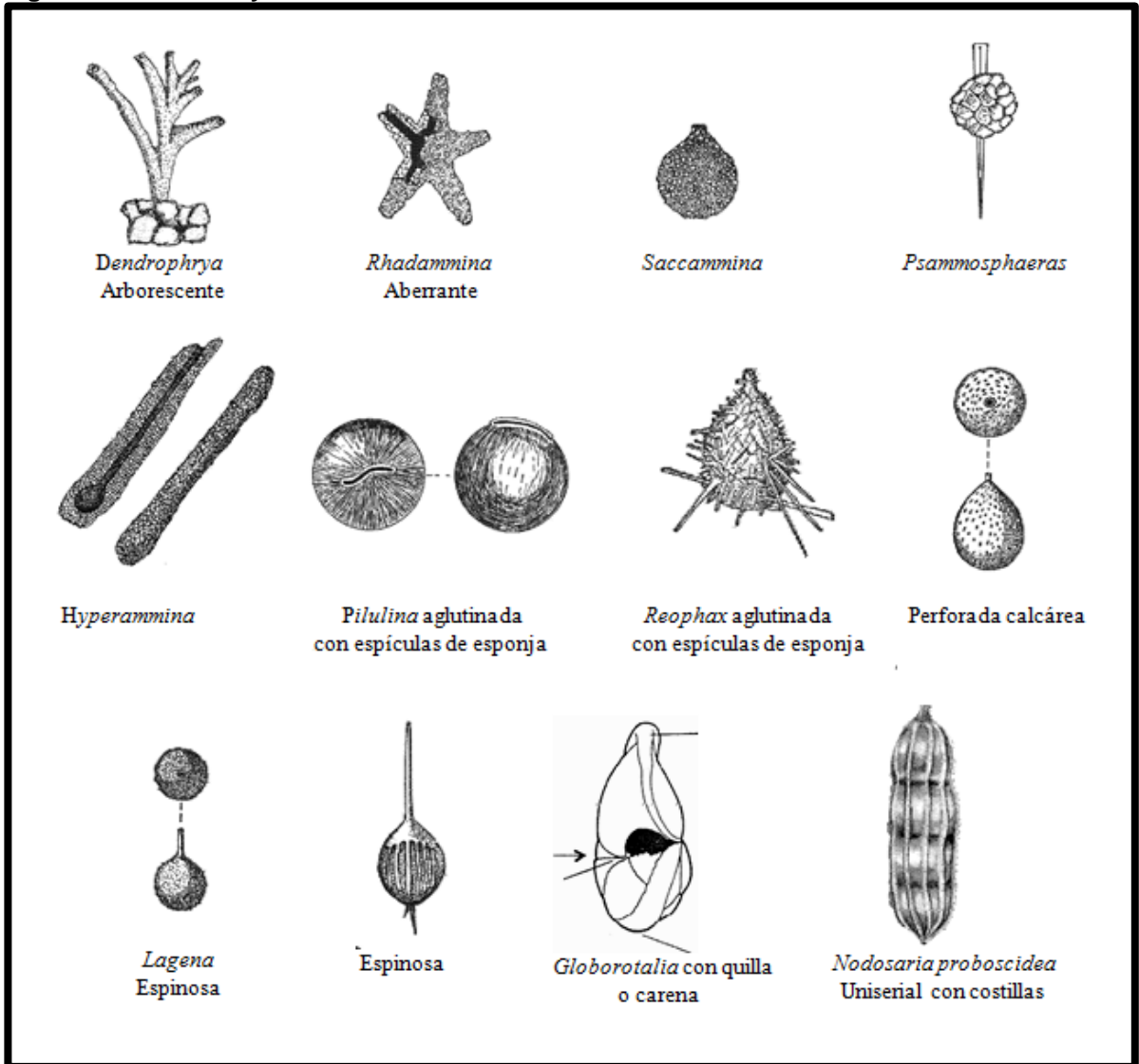
<sup>165</sup> Calonge, Causs, & García, Op. Cit.

**Figura 3.2. Estructuras y formas de las cónculas de foraminíferos.**



Fuente: Modificado de Shrock & Twenhofel, 1953 y Meléndez, 1977 en Cruz-Guevara, 1997.

Figura 3.3. Texturas y otras estructuras conchulares.



Fuente: Shrock & Twenhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

**4.3.6 Reproducción.** La reproducción toma lugar alternativamente en etapas sexuales y asexuales<sup>166, 167, 168</sup>, sin embargo, en condiciones ambientales extremas se puede dar de una manera completamente asexual<sup>169</sup>. Hay que tener en cuenta que algunos grupos, como los foraminíferos planctónicos, se reproducen

<sup>166</sup> Woods, Op. Cit.

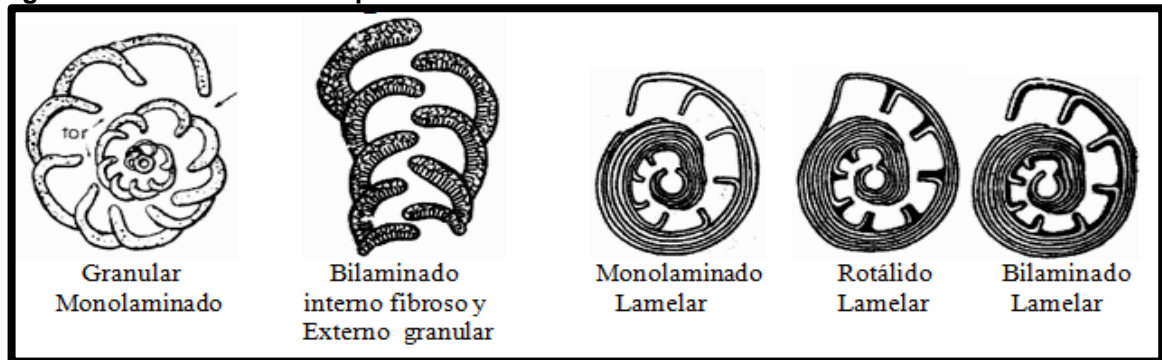
<sup>167</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>168</sup> BouDagher-Fadel, Op. Cit.

<sup>169</sup> Wynne, R. Foraminifera and their Applications. Cambridge: Cambridge University Press. 2014

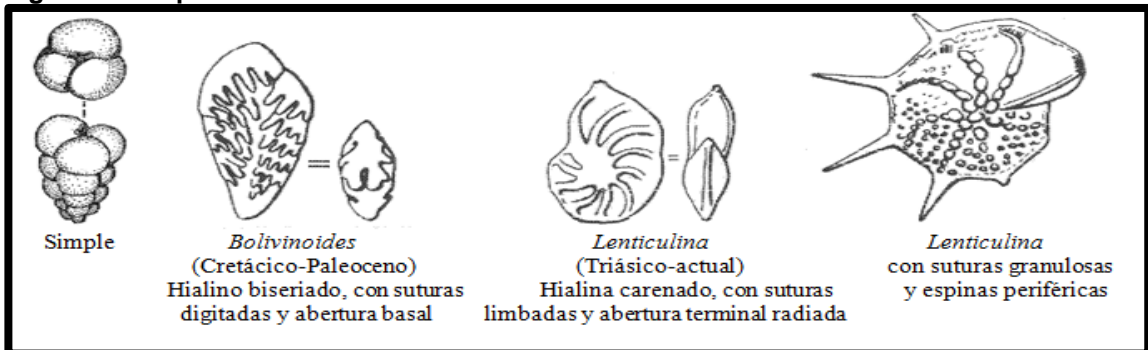
únicamente de manera sexual<sup>170,171</sup> ya que se considera un mecanismo de evolución en ellos<sup>172</sup>.

**Figura 3.4. Estructura de la pared de la cóncula de los foraminíferos.**



Fuente: Modificado de Bignot, 1988 y Camacho, 1979 en Cruz-Guevara, 1997.

**Figura 3.5. Tipos de suturas en las cónculas de los foraminíferos.**



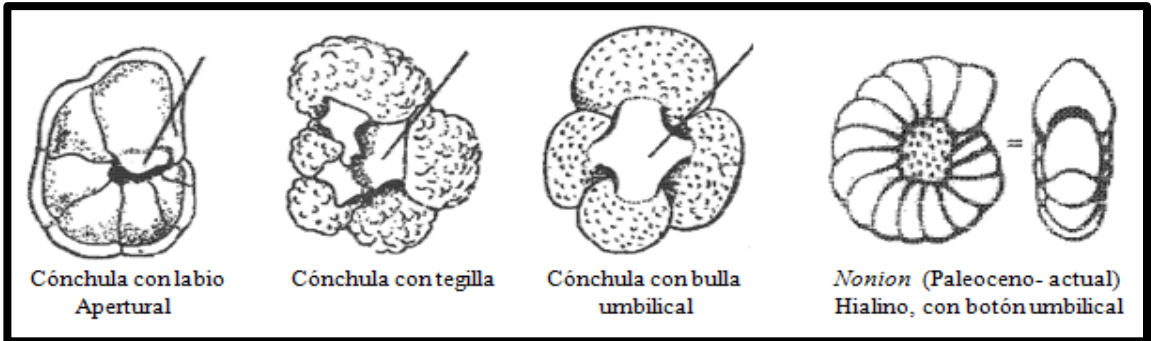
Fuente: Tomado de Bignot, 1988 en Cruz-Guevara, 1997.

<sup>170</sup> Calonge, Caus, & García, Op. Cit.

<sup>171</sup> Santa Rosa-del Río, Ávila, Tellez, Gonzales, & Cupul, Op. Cit.

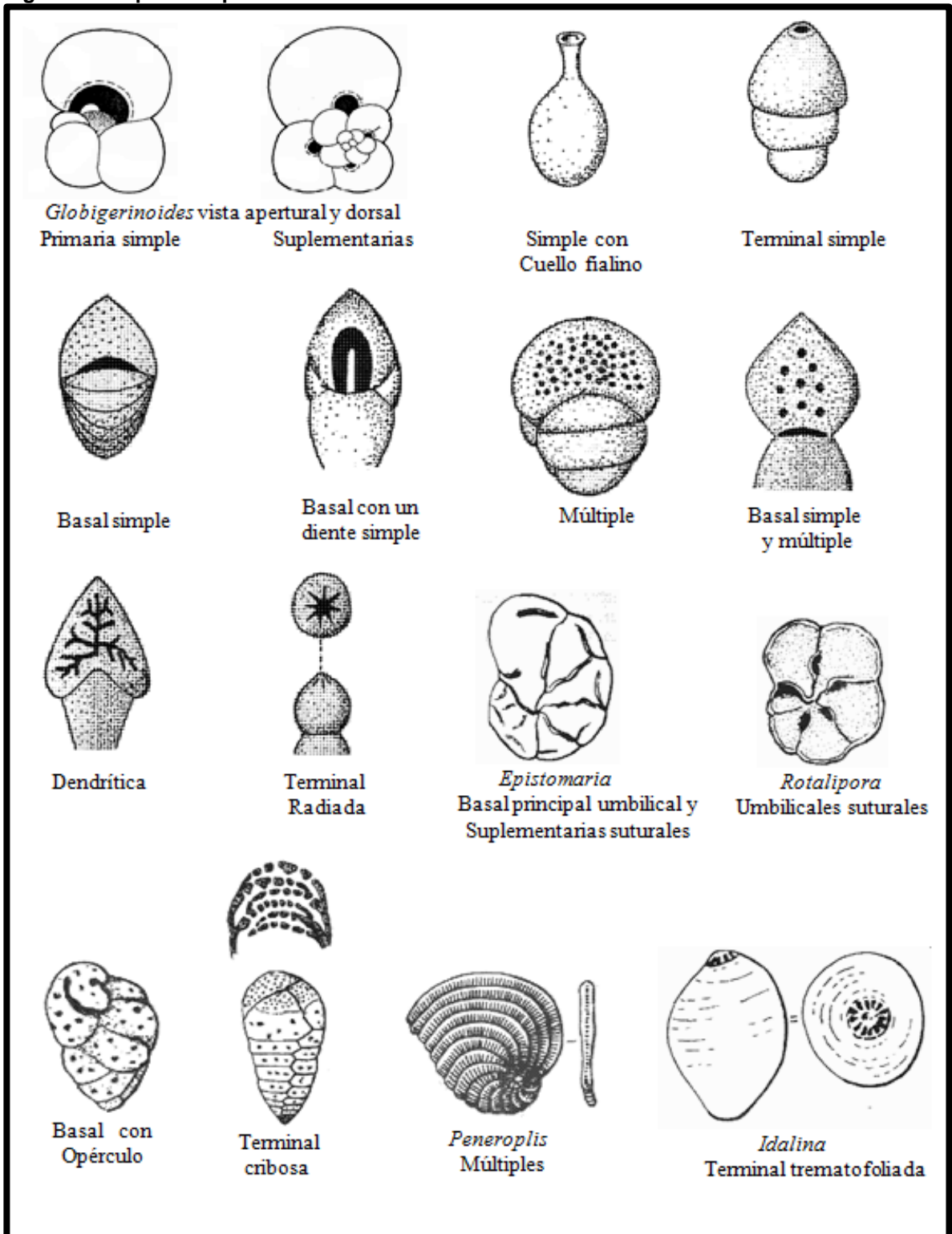
<sup>172</sup> Wynne, Op. Cit.

Figura 3.6. Estructuras en la región umbilical y/o apertural de la cónchula de los foraminíferos.



Tomado de Camacho, 1979 en Cruz-Guevara, 1997.

Figura 3.7. Tipos de aperturas en las cónchulas de foraminíferos.



Fuente: Tomado de Shrock, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

**4.3.7 Alimentación.** Se alimentan por medio de los seudópodos. Comúnmente comen bacterias, algas o detritos de organismos<sup>173, 174</sup> aunque otros obtienen sus nutrientes de los productos de la fotosíntesis llevada a cabo por algas simbióticas que viven dentro de la concha<sup>175</sup>. En algunos foraminíferos (principalmente bentónicos) los seudópodos han evolucionado para capturar presas de 2 o 3 cm, convirtiendo estos organismos en seres carnívoros<sup>176, 177</sup>.

**4.3.8 Ecología.** Los foraminíferos han adoptado un gran número de estilos de vida, pueden ser bentónicos (ya sea epifaunales o infaunales) o planctónicos<sup>178, 179, 180</sup>, lo cual evidencia su rápida evolución y su exitosa colonización del medio pelágico<sup>181</sup>. Se encuentran tanto en el océano como en el agua dulce y la mayoría de las especies habitan en la arena o se adhieren a rocas o algas<sup>182</sup>.

- Foraminíferos bentónicos: Incluyen el mayor grupo de foraminíferos y poseen estructuras internas complicadas producidas con precisión durante cada nueva generación<sup>183, 184</sup>. Su proliferación en la columna de sedimentos depende de las

---

<sup>173</sup> Saraswati, & Srinivasan, Op. Cit.

<sup>174</sup> Gooday, A. J., Nomaki, H., & Kitazato, H. Modern deep-sea benthic foraminifera: a brief review of their morphology-based biodiversity and trophic diversity. En W. E. Austin & R. H. James (Eds.), *Biogeochemical Controls on Palaeoceanographic Environmental Proxies* (pp. 97-117). London: Geological Society Special Edition N° 303. 2008

<sup>175</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>176</sup> Murray, Op. Cit.

<sup>177</sup> Pawlowski, J. Foraminifera. En M. Schaechter (Ed.), *Eukaryotic Microbes* (pp. 291-300). San Diego, California: Academic Press. 2009

<sup>178</sup> Figueroa, S., Marchant, M., Giglio, S., Ramirez, M. Foraminíferos Bentónicos Rotalinidos Del Centro Sur de Chile (36°S - 44°S). *Gayana*, 69 (2), 329- 363. 2005

<sup>179</sup> Wynne, Op. Cit.

<sup>180</sup> Gupta, Op. Cit.

<sup>181</sup> BouDagher-Fadel, Op. Cit.

<sup>182</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>183</sup> Wilson, B. Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy and Paleo-Ecology of the Brasso Formation (Middle Miocene) at St. Fabien Quarry, Trinidad, West Indies. *Caribbean Journal of Science*, 41 (4), 797-803. 2005

<sup>184</sup> Figueroa, S., Marchant, M., Giglio, S., Ramirez, M. Foraminíferos Bentónicos Del Talud Continental Desde Concepción a las Islas Guaitecas (36°- 44° S), Chile (Foraminífera: Lagenina, Milionina Y Robertinina). *Gayana*, 70 (1), 255-279. 2006

disponibilidad de comida y del contenido de oxígeno en el suelo oceánico<sup>185</sup>. Debido a que se encuentran distribuidos en casi la tercera parte del fondo oceánico, así como en la zona adyacente a la costa<sup>186</sup> son buenos indicadores de ambientes marinos someros carbonatados<sup>187</sup> y son indicadores importantes de las condiciones ambientales costeras por ser muy sensibles a los cambios que ocurren en su entorno<sup>188</sup>. Hacen parte de este grupo los nummulites, famosos por sus grandes acumulaciones fosilíferas ocurridas en el Paleoceno tardío y durante el Eoceno<sup>189</sup>.

Se dividen en los subórdenes: fusulinida (extinto), lagenida, involutinida (extinto), textulariida, rotaliina, globigerinida<sup>190</sup> (Figura 3.8).

- Foraminíferos planctónicos: Poseen características morfológicas únicas que le permiten controlar su flotabilidad y que son igualmente importantes para su estudio e identificación, sin embargo, dichas características se desarrollan en etapas tardías de su vida, haciendo que la clasificación de especímenes jóvenes sea casi imposible.

Su proliferación está fuertemente relacionada con las propiedades del agua, siendo la temperatura la más importante de todas<sup>191</sup>. Son buenos indicadores paleoecológicos, bioestratigráficos y batimétricos ya que solo pueden adaptarse a

---

<sup>185</sup> Tapia, R., Lange, C. B., & Marchant, M. Living (stained) calcareous benthic foraminifera from recent sediments off Concepción, central-southern Chile (~36° S). *Revista Chilena de Historia Natural*, 81, 403-416. 2008

<sup>186</sup> Santa Rosa-del Río, Ávila, Tellez, Gonzales, & Cupul, Op. Cit.

<sup>187</sup> Jorry, S., Haster, C. A., & Davaud, E. Hydrodynamic behaviour of Nummulites: implications for depositional Models. *Facies*, 52 (2), 221-235. 2006

<sup>188</sup> Santa Rosa-del Río, Ávila, Tellez, Gonzales, & Cupul, Op. Cit.

<sup>189</sup> Jorry, Haster, & Davaud, Op. Cit.

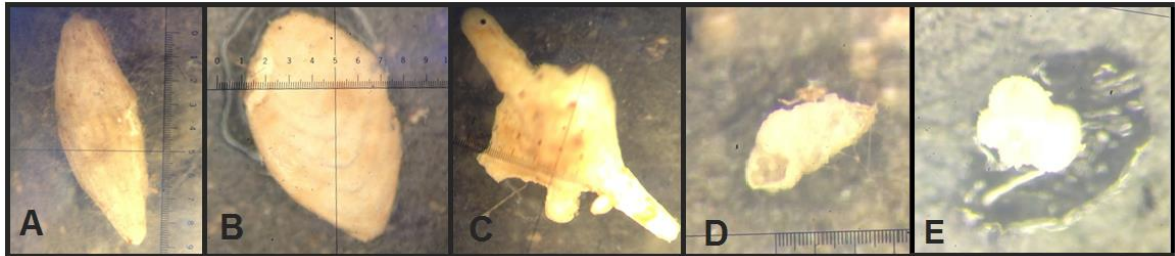
<sup>190</sup> BouDagher-Fadel, Op. Cit.

<sup>191</sup> Kucera, M. Planktonic Foraminifera as Tracers of Past Oceanic Environments. *Developments in Marine Geology*, 1, 213-262. 2007

ciertos límites de temperatura, salinidad, profundidad y contenido de oxígeno<sup>192, 193, 194, 195</sup>.

**Figura 3.8. Clasificación taxonómica de los foraminíferos bentónicos.**

Se observan ejemplos de los diferentes subórdenes: (A) Fusulinida; (B) Langenida; (C) Texturalina; (D) Rotaliida; (E) Globigerinida.



Fuente: Autor.

**4.3.9 Correlaciones bioestratigráficas.** La bioestratigrafía utiliza el contenido y distribución de los fósiles presentes en el registro estratigráfico para interpretar la historia de las secuencias sedimentarias (Salvador, 1994; Clarkson, 2009), sin embargo, estas interpretaciones solo pueden llevarse a cabo mediante registro fosilífero in situ<sup>196</sup>.

Uno de sus principales objetivos es organizar las rocas sedimentarias en Biozonas (unidades que comparten un contenido fósil), cuya extensión lateral y vertical corresponde al intervalo de tiempo y espacio en donde el fósil taxa utilizado

<sup>192</sup> Arenillas, I., & Molina, E. Análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno en Zumaya: Implicaciones paleoambientales y eventos paleoceanográficos. *GEOGACETA*, 17, 23- 26. 1995

<sup>193</sup> Gonzalvo, C. Correlación paleoceanográfica mediante foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio- Eoceno Superior entre la Cordillera Bética y el Pirineo. *Revista Sociedad Geológica de España*, 10 (1-2), 29-38. 1997

<sup>194</sup> Wilson, B. Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy and Paleo-Ecology of the Brasso Formation (Middle Miocene) at St. Fabien Quarry, Trinidad, West Indies. *Caribbean Journal of Science*, 41 (4), 797-803. 2005

<sup>195</sup> Flügel, E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Springer Science & Business Media. 2010

<sup>196</sup> Rawson, P. F., Allen, P. M., Brenchley, P. J., Cope, J. C., Gale, A. S., Evans, J. A.,...Zalasiewicz, J. A. *Stratigraphical Procedure*. London: The Geological Society. 2002

aparece<sup>197</sup>, haciendo que estas unidades puedan tener cualquier espesor y duración o que puedan tener una extensión local o global<sup>198</sup>. Así mismo, una unidad bioestratigráfica (biozona) puede estar basada en un solo taxón, en una combinación de taxos, en la abundancia, características morfológicas específicas, o en variaciones de cualquier característica relacionada con el contenido y distribución de los fósiles en un estrato, por eso, el mismo intervalo de una secuencia sedimentaria puede tener diferentes zonaciones dependiendo del criterio o grupo fósil utilizado<sup>199, 200</sup> (Figura 3.9).

La bioestratigrafía parte del principio de que igualdad de cuerpos fósiles indican igualdad en edad geológica<sup>201</sup>. Es importante comprender la diferencia entre la biocronoestratigrafía y la bioestratigrafía, ya que aunque la última se ocupa del estudio y uso de los restos de organismos, de sus huellas o productos en la investigación de secuencias estratigráficas<sup>202</sup>, en muchas ocasiones esta disciplina se ha limitado únicamente a estudios sobre dataciones relativas de las secuencias estratigráficas<sup>203, 204</sup>.

Renzi<sup>205</sup> plantea que el campo de estudio de la bioestratigrafía abarca:

- ✓ Los caracteres petrográficos del contenido fósil en los estratos, incluyendo tamaño, forma, naturaleza, mineralogía del contenido fósil y la descripción de estructuras sedimentarias biogénicas.

---

<sup>197</sup> Thierry, J., & Galeotti, S. Biostratigraphy from taxon to biozones and biozonal schemes. En J. Rey & S. Galeotti (Eds.), *Stratigraphy: Terminology and Practice* (pp. 65-89). Paris: Editions TECHNIP. 2008

<sup>198</sup> Rawson, Allen, Brenchley, Cope, Gale, Evans, Zalasiewicz, Op. Cit

<sup>199</sup> Dercourt, J., & Paquet, J. *Geología*. Barcelona: Editorial Reverté. S.A. 1984

<sup>200</sup> Salvador, A. (Ed.). *International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure* (2<sup>nd</sup> ed.). USA: The Geological Society of America, Inc. 1994

<sup>201</sup> McGowran, B. *Biostratigraphy: Microfossils and Geological Time*. Cambridge: Cambridge University Press. 2005

<sup>202</sup> Renzi, Martinel, & Reguant, Op. Cit.

<sup>203</sup> Fernández, S. *Historia de la Paleontología: Bioestratigrafía y Biocronología, su Desarrollo Histórico*. Real Academia de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales. Madrid, 185-215. 1988

<sup>204</sup> Thierry, J., & Galeotti, S. Biostratigraphy from taxon to biozones and biozonal schemes. En J. Rey & S. Galeotti (Eds.), *Stratigraphy: Terminology and Practice* (pp. 65-89). Paris: Editions TECHNIP. 2008

<sup>205</sup> Renzi, Martinel, & Reguant, Op. Cit.

- ✓ La influencia activa y/o pasiva de los organismos y de sus restos en los procesos de formación de los estratos.
- ✓ Estudio de la sucesión de las series estratigráficas basadas en el contenido paleontológico, identificación de discontinuidades basadas en interpretación del registro fósil.
- ✓ Deducción de ambientes sedimentarios por medio del contenido fósil, incluyendo medio sedimentario local, evolución de la cuenca y paleogeografía regional.
- ✓ El ordenamiento y clasificación estratigráficos por medio de los fósiles.

Para determinar las biozonas de una secuencia sedimentaria, es necesario trazar los biohorizontes considerados para las especies fósiles utilizadas (Fósil índice): primera aparición común (PAC), última aparición común (UAC), presencia puntual significativa (entrada o influx), e intervalo de particular abundancia (acmé)<sup>206, 207</sup>.

Cualquier fósil muestra un evento de primera aparición y uno de última ocurrencia en el registro fósil, lo que lo hace útil para identificar biozonas, sin embargo, los fósiles más acertados para ser fósiles índice son aquellos que muestran una distribución limitada a través del tiempo, abundante registro fósil, morfología distintiva para favorecer su identificación, eventos abruptos de evolución y extinción, dispersión alrededor del mundo o al menos en grandes extensiones, aquellos que puedan ser encontrados en rocas de diferentes ambientes sedimentarios<sup>208, 209, 210</sup>, y si es posible, la taxa seleccionada debe ser planctónica

---

<sup>206</sup> Corbí, H., Pina, J. A., & Soria, J. M. Bioestratigrafía basada en foraminíferos planctónicos para el Mioceno superior y Plioceno de la Cuenca del Bajo Segura (Cordillera Bética oriental). *GEOGACETA*, 48, 71-74. 2010

<sup>207</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>208</sup> Thierry, & Galeotti, Op. Cit.

<sup>209</sup> Kumar, Op. Cit.

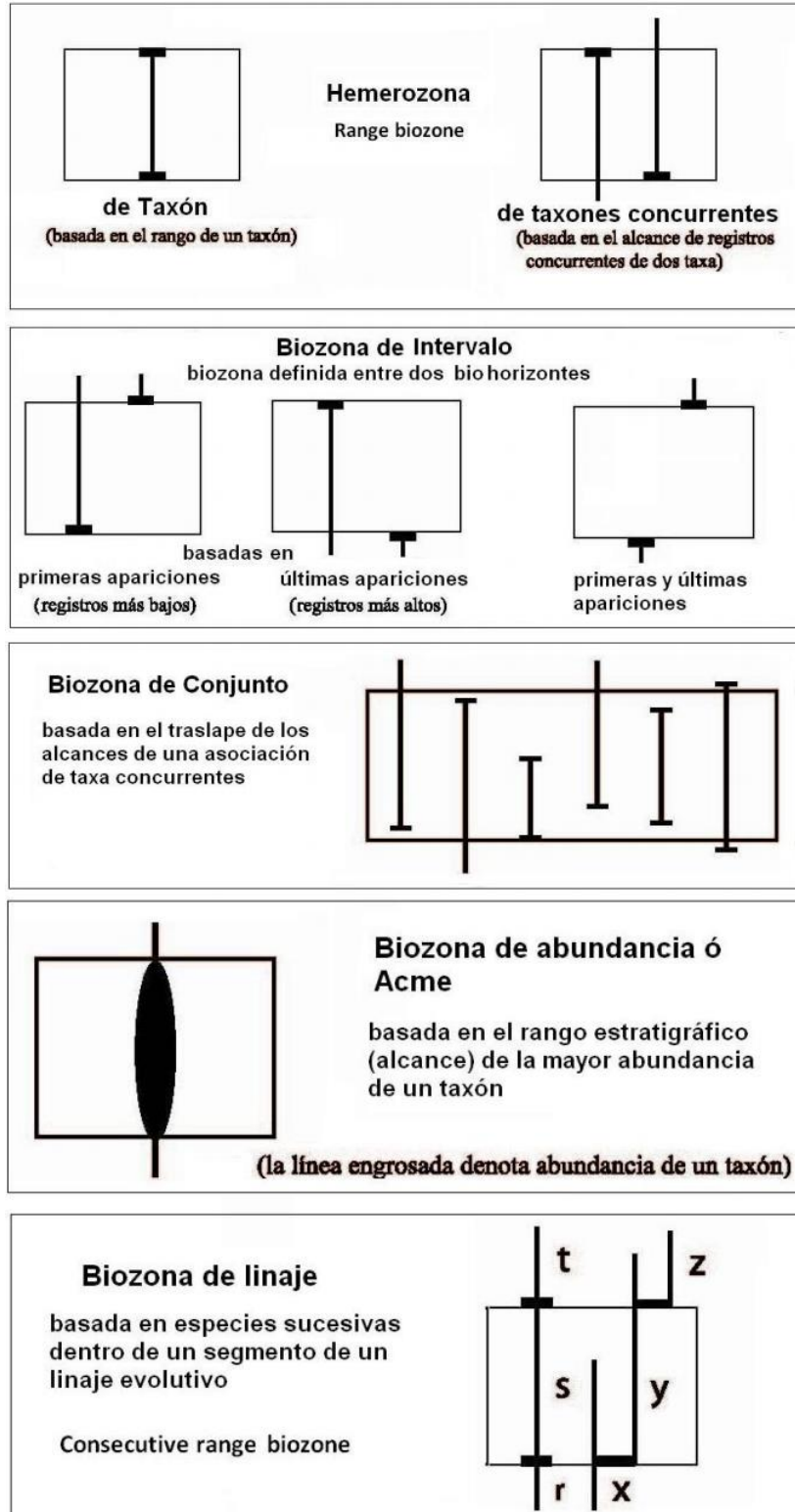
<sup>210</sup> Clarkson, Op. Cit.

o neotónica, pues su distribución es más limitada que la de los organismos bentónicos<sup>211</sup>.

---

<sup>211</sup> Rawson, Allen, Brenchley, Cope, Gale, Evans, Zalasiewicz, Op. Cit.

Figura 3.9 Tipos de biozonas.



Fuente: Universidad Autónoma de México: UNAM.

Como se había mencionado anteriormente los microfósiles, y en especial los foraminíferos, son buenos fósiles índice ya que se conservan en grandes números y su preservación es mejor que en los macrofósiles<sup>212</sup>. Los foraminíferos planctónicos son considerados uno de los mejores índices bioestratigráficos en base a los cuales se pueden realizar correlaciones y determinaciones estratigráficas precisas<sup>213</sup> mientras que la utilidad bioestratigráfica de los foraminíferos bentónicos se ha considerado limitada debido a que existen muy pocas especies con rangos estrechos de distribución temporal<sup>214</sup>.

#### 4.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS

##### Trabajo Individual

Escoja uno de los ejemplares fósiles que se ubican en la bandeja N°3 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio y realice el mismo procedimiento para la mayor cantidad de especímenes de colección que se incluyen en este laboratorio. Trate de estudiar muestras morfológicamente diferentes entre sí.

- Fase de observación

Detalle y observe las siguientes características del ejemplar:

- 1) ¿Qué forma presenta la concha?
- 2) ¿El ejemplar cuenta con una concha uniloculada, biloculada o multiloculada?
- 3) ¿Cuál es la cámara inicial?

---

<sup>212</sup> Ibid.

<sup>213</sup> Longoria, J. F. Bioestratigrafía del Cretácico Superior Basada en Foraminíferos Planctónicos. Revista Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 1 (1), 10- 22. 1977

<sup>214</sup> Tchegliakova, N., Sarmiento, G., & Guerrero, J. Bioestratigrafía y Paleoecología de los Foraminíferos Bentónicos de la Formación Chipaque y el Grupo Guadalupe. Turoniano-Maastrichtiano del Piedemonte Llanero de los Andes Colombianos. Geología Colombiana, 22, 103-119. 1997

- 4) ¿Cuál es el sentido del enroscamiento de la concha?
- 5) En caso de tratarse de una concha multiloculada ¿Cómo es la disposición de las cámaras?
- 6) ¿Observa algún tipo de ornamentación en la superficie de la concha?
- 7) ¿Qué tipo de sutura presenta?
- 8) ¿Qué tipo de apertura observa?

- Fase de descripción

Realice un dibujo del fósil seleccionado en donde indique todas las características morfológicas identificadas y los detalles del ejemplar, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible; recuerde dibujar las vistas dorsal, ventral y lateral para precisar mejor todas las estructuras que conforman la muestra. Posteriormente, realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

- 1) Identifique las características morfológicas del ejemplar estudiado teniendo en cuenta la clasificación taxonómica a la que corresponde ¿Se preservan todos los aspectos característicos del filo?
- 2) Indique el modo de vida del espécimen teniendo en cuenta la morfología del individuo.

- 3) Ejercicio de determinación de biozonas:

En la Figura 3.10 se muestra, hacia la parte izquierda, la columna estratigráfica del intervalo Eoceno/Oligoceno de la cuenca Paleógena Central-Carpathian de Slovakia, mientras que a la derecha de la imagen, se observa la distribución estratigráfica vertical de diferentes especies de foraminíferos, mostrando los biohorizontes considerados para los fósiles utilizados: primera aparición común (PAC) y última aparición común (UAC); las líneas punteadas indican los intervalos en que la proliferación de dichos foraminíferos disminuyó.

- Establezca bioeventos importantes, utilice los biohorizontes (PAC y UAP) coincidentes de dos o más taxones o los cambios evolutivos de géneros y especies.
- Trace isócronas (líneas de igual tiempo) que demarquen los bioeventos identificados.
- Con esta información establezca las biozonas presentes. Recuerde que las biozonas pueden establecerse por asociación, rango, concurrencia o intervalo de uno o más organismos y que por ningún motivo pueden traslaparse entre sí, de tal manera que siempre el límite superior de una biozona es el mismo límite inferior de la biozona que le suprayace.
- Dé nombre a cada una de las biozonas establecidas teniendo en cuenta que normalmente se realiza a través de un solo género o especie característico o indicativo del intervalo, el cual no necesariamente debe estar presente en toda la extensión de la biozona, puede atribuirse también al porcentaje o la relación de ciertos tipos de géneros y especies, y a asociaciones generales o secuencias de asociaciones.

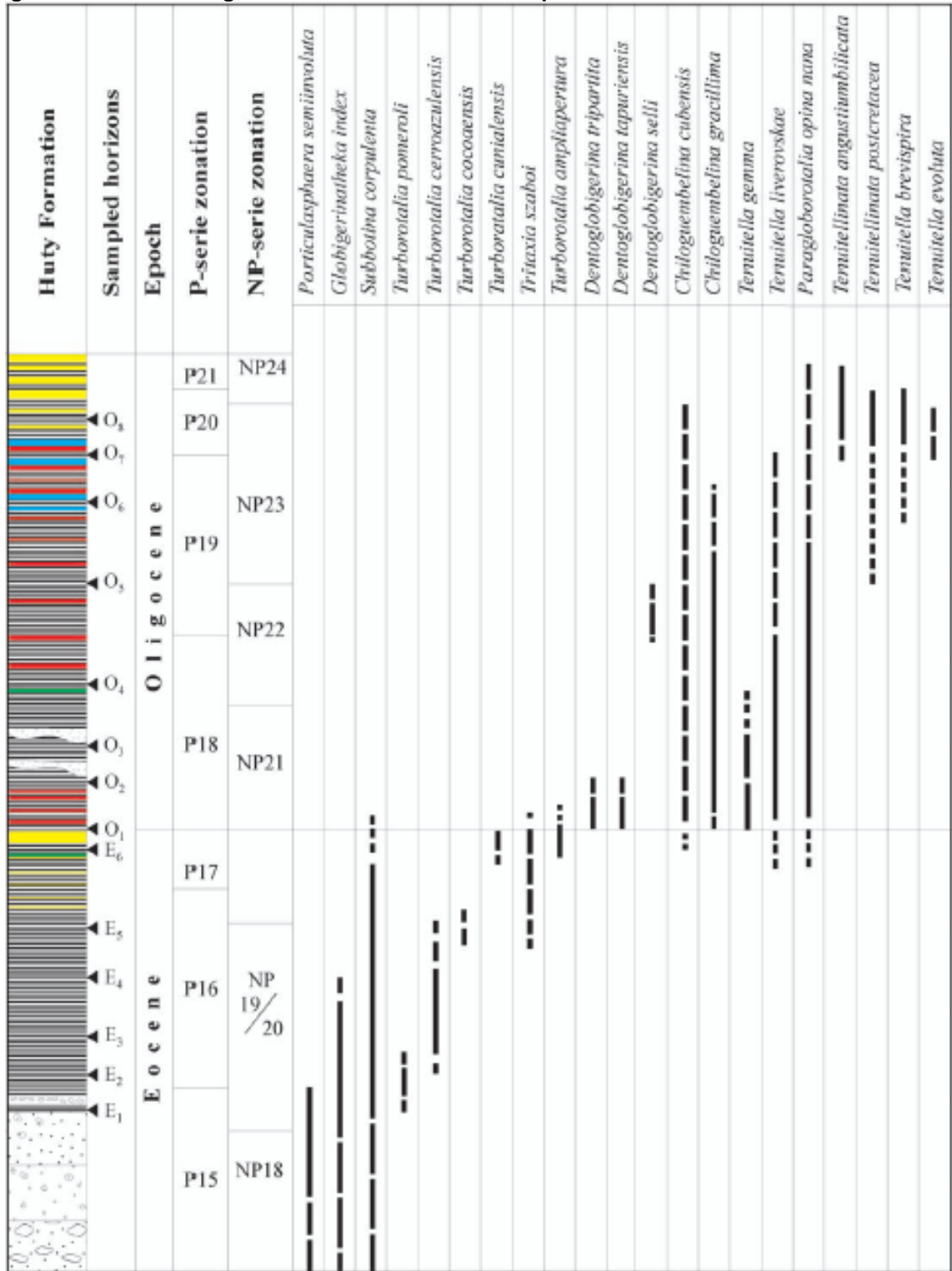
Por ejemplo: Zona de *Paragloborotalia opina nana*.

- Una vez determinadas todas las biozonas y asignada a cada una de ellas un nombre, inicie la descripción correspondiente, identificando el nombre y tipo de biozona, límite inferior y límite superior y especies presentes en ella.

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros.

Figura 3.10. Bioestratigrafía de la cuenca Central-Carphantiar.



Fuente: Stak et al., 2007

#### 4.5 BIBLIOGRAFÍA

Alegret, L., & Thomas, E. Benthic foraminifera across the Cretaceous/Paleogene boundary in the Southern Ocean (ODP Site 690): Diversity, food and carbonate saturation. *Marine Micropaleontology*, 105, 40–51. 2013

Arenillas, I., Arz, J. A. & Nález, C. Morfología, biometría y taxonomía de foraminíferos planctónicos del Daniense basal: *Palaeoglobigerina* n. gen. *Revista Española de Paleontología*, 22 (1), 21-62. 2007

Arenillas, I., & Molina, E. Análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno en Zumaya: Implicaciones paleoambientales y eventos paleoceanográficos. *GEOGACETA*, 17, 23- 26. 1995

Bergslien, E. *An Introduction to Forensic Geoscience*. Oxford: Wiley- Blackwell. 2012

Bigot, G. *Elements of Micropalaeontology: Microfossils, Their Geological and Paleobiological Applications*. Boston: Graham & Trotman Limited. 1985

BouDagher-Fadel, M. K. *Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera*. Ámsterdam: Elsevier. 2008

Calonge, A., Causs, E., & García, J. Los Foraminíferos: Presente y Pasado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (9.2), 144-150. 2001

Calonge A., & Canales, M. L. El mundo de los microfósiles. En L. Rebollo, M. D. López-Carrillo & A. Rábano (Eds.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 41-51). Madrid: Cuadernos del Museo Geominero n° 11. 2008

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Clarkson, E. *Invertebrate Palaeontology and Evolution* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

Corbí, H., Pina, J. A., & Soria, J. M. Bioestratigrafía basada en foraminíferos planctónicos para el Mioceno superior y Plioceno de la Cuenca del Bajo Segura (Cordillera Bética oriental). *GEOGACETA*, 48, 71-74. 2010

Cruz-Guevara, L. E. *Paleontología de Invertebrados: Guías de laboratorio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología. 1997

Dercourt, J., & Paquet, J. *Geología*. Barcelona: Editorial Reverté. S.A. 1984

Fernández, S. Historia de la Paleontología: Bioestratigrafía y Biocronología, su Desarrollo Histórico. *Real Academia de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales. Madrid*, 185-215. 1988

Figueroa, S., Marchant, M., Giglio, S., Ramirez, M. Foraminíferos Bentónicos Rotalinidos Del Centro Sur de Chile (36°S - 44°S). *Gayana*, 69 (2), 329- 363. 2005

Figueroa, S., Marchant, M., Giglio, S., Ramirez, M. Foraminíferos Bentónicos Del Talud Continental Desde Concepción a las Islas Guaitecas (36°- 44° S), Chile (Foraminífera: Lagenina, Milionina Y Robertinina). *Gayana*, 70 (1), 255-279. 2006

Flügel, E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Springer-Verlag Berlín. 2010

Gonzalvo, C. Correlación paleocenográfica mediante foraminíferos planctónicos del tránsito Eoceno medio- Eoceno Superior entre la Cordillera Bética y el Pirineo. *Revista Sociedad Geológica de España*, 10 (1-2), 29-38. 1997

Gooday, A. J., Nomaki, H., & Kitazato, H. Modern deep-sea benthic foraminifera: a brief review of their morphology-based biodiversity and trophic diversity. En W. E. Austin & R. H. James (Eds.), *Biogeochemical Controls on Palaeoceanographic Environmental Proxies* (pp. 97-117). London: Geological Society Special Edition N° 303. 2008

Gupta, B. K. *Modern Foraminífera*. New York: Kluwer Academic Publishers. 2003

Hippensteel, S. P. Using Foraminifera to Teach Paleoenvironmental Interpretation and Geoarchaeology: A Case Study from Folly Island, South Carolina. *Journal of Geoscience Education*, 54 (4), 526-531. 2006

Hromic, T. Foraminíferos Bentónicos Recolectados Durante la Expedición CIMAR 14 Fiordos, Patagonia Chilena. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 39 (1), 75-89. 2011

Jorry, S., Haster, C. A., & Davaud, E. Hydrodynamic behaviour of Nummulites: implications for depositional Models. *Facies*, 52 (2), 221-235. 2006

Kucera, M. Planktonic Foraminifera as Tracers of Past Oceanic Environments. *Developments in Marine Geology*, 1, 213-262. 2007

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

Longoria, J. F. Bioestratigrafía del Cretácico Superior Basada en Foraminíferos Planctónicos. *Revista Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología*, 1 (1), 10- 22. 1977

McGowran, B. *Biostratigraphy: Microfossils and Geological Time*. Cambridge: Cambridge University Press. 2005

Murray, J. W. *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. London: Taylor & Francis Group. 1991

Pawlowski, J. Foraminifera. En M. Schaechter (Ed.), *Eukaryotic Microbes* (pp. 291-300). San Diego, California: Academic Press. 2009

Pawlowski, J., Holzmann, M., Berney, C., Fahrni, J., Gooday, A. J., Cedhagen, T.,...Bowser, S. S. The evolution of early Foraminifera. *PNSA*, 100 (20), 11494–11498. 2003

Rawson, P. F., Allen, P. M., Brenchley, P. J., Cope, J. C., Gale, A. S., Evans, J. A.,...Zalasiewicz, J. A. *Stratigraphical Procedure*. London: The Geological Society. 2002

Renzi, M., Martinell, J., & Reguant, S. Bioestratigrafía, tafonomía y Paleoecología. *Acta Geológica Hispánica*, 2, 80-86. 1975

Salvador, A. (Ed.). *International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure* (2<sup>nd</sup> ed.). USA: The Geological Society of America, Inc. 1994

Santa Rosa-del Río, M. A., Ávila, G. E., Tellez, M. A., Gonzales, O., & Cupul, L. A. Distribución y abundancia de tanatocenosis de foraminíferos bentónicos submareales en el delta del río Colorado. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63 (3), 445-458. 2011

Saraswati, P. K., & Srinivasan, M. S. *Micropaleontology: Principles and Applications*. Switzerland: Springer International Publishing. 2015

Schaechter, M. *Encyclopedia of Microbiology* (3<sup>rd</sup> ed.). Oxford: Academic Press. 2009

Tapia, R., Lange, C. B., & Marchant, M. Living (stained) calcareous benthic foraminifera from recent sediments off Concepción, central-southern Chile (~36° S). *Revista Chilena de Historia Natural*, 81, 403-416. 2008

Tchegliakova, N., Sarmiento, G., & Guerrero, J. Bioestratigrafía y Paleoecología de los Foraminíferos Bentónicos de la Formación Chipaque y el Grupo Guadalupe. Turoniano-Maastrichtiano del Piedemonte Llanero de los Andes Colombianos. *Geología Colombiana*, 22, 103-119. 1997

Thierry, J., & Galeotti, S. Biostratigraphy from taxon to biozones and biozonal schemes. En J. Rey & S. Galeotti (Eds.), *Stratigraphy: Terminology and Practice* (pp. 65-89). Paris: Editions TECHNIP. 2008

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Wilson, B. Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy and Paleo-Ecology of the Brasso Formation (Middle Miocene) at St. Fabien Quarry, Trinidad, West Indies. *Caribbean Journal of Science*, 41 (4), 797-803. 2005

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

Wynne, R. *Foraminifera and their Applications*. Cambridge: Cambridge University Press. 2014

## **5. LABORATORIO N°4: PHYLUM PORIFERA Y PHYLUM BRYOZOA**

### **5.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los filos Bryozoa y Porífera para facilitar el reconocimiento en campo de los organismos fósiles pertenecientes a estos filos.
- Estudiar la clasificación taxonómica de los Briozoos y Poríferos para identificar las características y diferencias morfológicas existentes entre las diversas clases que conforman los filos e identificar los taxones más importantes para los estudios paleontológicos.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su modo de vida y adaptación al medio ambiente en que habitaron.
- Comprender la importancia paleontológica y aplicación de los fósiles de Briozoos y Poríferos como indicadores paleoambientales y paleoclimáticos.

### **5.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandejas N° 4 y 6 del laboratorio de paleontología, que incluyen especímenes fósiles de Poríferos y Briozoos respectivamente.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

## 5.3 MARCO TEÓRICO

**5.3.1 Introducción al Phylum Porífera.** El filo porífera incluye todas las esponjas fósiles y actuales. Son animales acuáticos primitivos que se caracterizan por ser organismos filtradores, por carecer de verdaderos tejidos u órganos y por tener un modo de vida sésil (fijos al sustrato)<sup>215, 216, 217, 218</sup>, sin embargo, en su estado larvario presentan una forma libre que les permite proliferarse<sup>219, 220</sup>.

Los poríferos son en su mayoría marinos aunque se pueden encontrar en todos los tipos de agua y a profundidades variadas<sup>221</sup>. Su respiración y alimentación son exclusivamente intracelulares (basados en la filtración)<sup>222</sup> ya que carecen de boca, intestino, sistema nervioso, musculatorio, reproductivo y de cualquier tipo de órgano especializado<sup>223</sup>.

Estos animales se caracterizan por su alto polimorfismo<sup>224</sup>, el color, tamaño y apariencia (tabular, esféricas, ramificadas, etc) dependen directamente del ambiente en que se desarrollan<sup>225</sup>. Debido a que los poríferos responden a la energía hidrodinámica del medio y a la cantidad de sedimento presente en este,

---

<sup>215</sup> Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. *Biología: la vida en la tierra* (6ª ed.). México: Pearson Education, S.A. 2003

<sup>216</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>217</sup> Gómez, C., Buitrón, B., & Vachard, D. Tafonomía del gasterópodo cf. *Donaldina robusta* (Heterobranchia: Streptacidae) del Pensilvánico Medio, Formación La Joya, Sonora, México. *Revista Biología Tropical*, 58 (1), 183-194. 2010

<sup>218</sup> Maldonado, M., & Riesgo, A. Reproduction in the Phylum Porifera: A Synoptic Overview. *Treballs de la SCB*, 59, 29-49. 2008

<sup>219</sup> Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

<sup>220</sup> Braga, J. C., Fernández, E., García, D., Méndez, I., Moreno, E., & Perejón, A. Cnidarios (filo Cnidaria). En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 36-65). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

<sup>221</sup> Brümmer, F. & Nickel, M. Sustainable Use of Marine Resources. En W. E. G. Müller (Ed.), *Sponges (Porifera)* (pp. 143-159). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2003

<sup>222</sup> Ereskovsky, A. V. *The Comparative Embryology of Sponges*. New York: Springer Science & Business Media, B.V. 2010

<sup>223</sup> Fish, J. D., & Fish, S. *A Student's Guide to the Seashore*. London: Unwin Hyman Ltd. 1989

<sup>224</sup> Barrientos, Z. *Zoología General*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José. 2003

<sup>225</sup> Ereskovsky, Op. Cit.

los ejemplares de una misma especie pueden presentar apariencias distintas, dificultando la clasificación taxonómica basada en criterios morfológicos<sup>226</sup>.

5.3.1.1 Morfología: La estructura de las esponjas es relativamente simple debido a que se trata de organismos primitivos. Cuentan con una cavidad central (espongocelo) que puede presentar diferentes formas y variaciones de tamaño. La superficie externa está recubierta por células llamadas pinacocitos, mientras que en la parte interna se encuentran los coanocitos (células con flagelos); el mesohilo es la capa que se ubica entre los pinacocitos y coanocitos<sup>227, 228, 229</sup>. Poseen además un sistema de canales con poros inhalantes y exhalantes conectados por los coanocitos, un ósculo (abertura principal y de mayor tamaño)<sup>230, 231</sup> y un esqueleto de espículas secretado por células especializadas en el mesohilo<sup>232</sup> que puede o no estar presente<sup>233</sup> (Figura 4.1).

La rigidez de los cuerpos de las esponjas se debe principalmente a las fibras de colágeno en el mesohilo y a su esqueleto inorgánico compuesto por varios minerales como carbonato de calcio (en su mayoría) o sílice<sup>234</sup>. El esqueleto puede estar compuesto a su vez por espículas silíceas o calcáreas (calcita o aragonito) o presentar una calcificación masiva. La capacidad de segregar espículas se ha perdido en algunos grupos con esqueletos calcáreos masivos<sup>235</sup>.

---

<sup>226</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>227</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>228</sup> Gómez, P. Phylum Porífera. En M. A. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), Niveles de Organización en animales (pp. 44-59). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

<sup>229</sup> Springer, J. T., & Holley, D. An Introduction to Zoology. Wall Street: Jones & Bartlett Learning. 2013

<sup>230</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>231</sup> TBQ Editors. Biology, Volume 2 of 3. USA: Textbook Equity Imprint. 2014

<sup>232</sup> Barrientos, Z. Zoología General. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José. 2003

<sup>233</sup> Hooper, J. N., van Soest, R. W., & Debrenne, F. Phylum Porifera. En H. N. Hooper., R. W. Van Soest (Eds.), Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges, Volume 1 (pp. 9-14). New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers. 2002

<sup>234</sup> Ereskovsky, Op. Cit.

<sup>235</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

5.3.1.2 Respiración y Alimentación: Como se ha mencionado anteriormente, la respiración y digestión de estos organismos está determinada por la filtración: El agua entra en el cuerpo de la esponja por los poros inhalantes que atraviesan las células epiteliales (pinacocitos) y accede a la parte interna compuesta por los coanocitos; luego pasa a los canales exhalantes hasta llegar al ósculo por donde es expulsada. El flujo de agua en el interior del animal es siempre unidireccional debido a la coordinación de los flagelos de los coanocitos<sup>236, 237, 238, 239, 240</sup>.

Las partículas de comida (microorganismos) y oxígeno son capturadas por los coanocitos durante la filtración del agua<sup>241, 242</sup>; sin embargo, para que el proceso se lleve a cabo de una manera eficaz, es necesario que las bacterias o demás microorganismos sean de menor tamaño que las células involucradas<sup>243</sup>.

Debido a la eficiencia de su sistema filtrador, las esponjas pueden capturar 70% de las bacterias y material orgánico que se encuentra en suspensión, lo cual les permite habitar incluso los ambientes más pobres de nutrientes como los arrecifes tropicales<sup>244</sup>. Hay que tener en cuenta que la filtración del agua no es continua ya que la esponja tiene la capacidad de cerrar los poros y canales<sup>245</sup>.

---

<sup>236</sup> Woods, H. Paleontology Invertebrate. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

<sup>237</sup> Fish, & Fish, Op. Cit.

<sup>238</sup> Ghiold, J., Rountree, G. A., & Smith, S. H. Common sponges of the Cayman Islands. En M. A., Brunt & J. E. Davies (Eds.), The Cayman Islands: Natural History and Biogeography (pp. 131-138). New York: Springer Science & Business Media, B.V. 1994

<sup>239</sup> Audesirk, Audesirk, & Byers, Op. Cit.

<sup>240</sup> Curtis, H., Barnes, N. S., Schneek, A., & Massarini, A. Biología (7ª ed. en español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2008

<sup>241</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>242</sup> Ereskovsky, Op. Cit.

<sup>243</sup> TBQ Editors. Op. Cit.

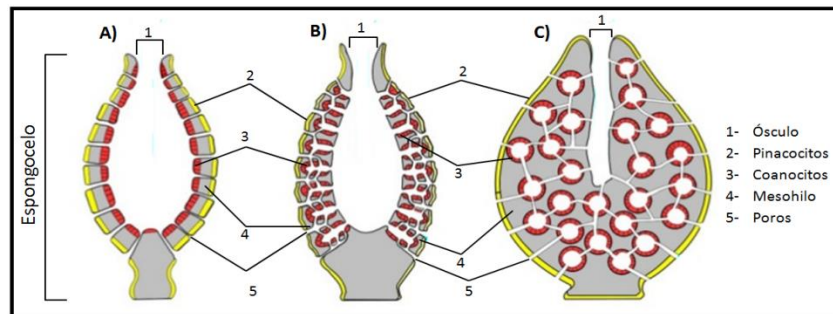
<sup>244</sup> Brümmer, & Nickel, Op. Cit.

<sup>245</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

Por otro lado, debido a la ausencia de cualquier tipo de sistema, todos los demás procesos como circulación o excreción se llevan a cabo por difusión<sup>246</sup>, además, la mayoría de estos organismos son hermafroditas<sup>247, 248</sup> y todas las células que no hacen parte del epitelio participan en el transporte de agua<sup>249</sup>.

5.3.1.3 Tipos de Estructuras: Dependiendo del sistema acuífero que presente la esponja su estructura puede clasificarse en: Asconoide (forma más sencilla en donde el spongocelo está cubierto completamente por coanocitos), Siconoide y Leuconoide (formas más complejas en donde éstas células se encuentran en cámaras especiales llamadas cámaras de coanocitos)<sup>250, 251, 252, 253, 254</sup> (Figura 4.1).

**Figura 4.1. Morfología y clasificación de la estructura interna de los poríferos teniendo en cuenta la complejidad de su sistema acuífero. (A) Asconoide; (B) Siconoide; (C) Leuconoide.**



Fuente: Recuperado y modificado de Edward & Born, Que no te engañe la simplicidad, los poríferos. 2008 en <http://evolibro.webnode.es/actividades/que-no-te-sorprenda-la-simplicidad/>

<sup>246</sup> TBQ Editors. Op. Cit.

<sup>247</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>248</sup> Kotpal, R. L. Modern Text Book of Zoology: Invertebrates. New Delhi: Rastogi Publications. 2012

<sup>249</sup> Ereskovsky, Op. Cit.

<sup>250</sup> Borradaile, L. A., & Potts, F. A. The Invertebrata: A Manual for the Use of Students (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Cambridge: Cambridge University Press. 1967

<sup>251</sup> del Baño-Breis, F. Diccionario de ciencias naturales y términos afines. Murcia, España: Editorial Regional de Murcia. 1982

<sup>252</sup> Ghiold, Rountree, & Smith, Op. Cit.

<sup>253</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>254</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

5.3.1.4 Clasificación: La clasificación de los poríferos ha sido un constante tema de controversia durante años, generalmente han sido agrupados en tres grandes clases (Calcárea, Hexactinelida y Demospongiae), aunque con el tiempo se han incluido en el filo organismos como los Archeociatos y los Estromatoporidos, no obstante, hay que aclarar que no hay total certeza sobre la posición sistemática de los últimos. A continuación se presenta la clasificación taxonómica actual de los poríferos teniendo en cuenta las descripciones de Marshall & Williams<sup>255</sup>, Fish & Fish<sup>256</sup>, Turek<sup>257</sup> et al., Gómez<sup>258</sup>, Braga et al.<sup>259</sup> y TBQ<sup>260</sup>.

- Clase Calcárea: A diferencia de las demás esponjas, cuyas espículas están compuestas por sílice o espongina, los poríferos de la clase Calcárea presentan espículas de carbonato de calcio. La mayoría de especies se encuentran en aguas someras.
- Clase Hexactinelida: Sus espículas son de sílice debido a que es la única clase de poríferos que carece de la capacidad de precipitar carbonato de calcio. Recibe este nombre debido a los seis radios de sus espículas (siempre con ángulo de 90 entre ellos). Se diversificaron a mediados del Cámbrico y son principalmente indicadores de ambientes marinos profundos<sup>261</sup>.
- Clase Demospongiae: Es la más numerosa, los miembros de esta clase secretan espongina, una proteína parecida a la que forma el cabello y uñas que les brinda soporte. Pueden o no presentar espículas (en caso de presentarlas son silíceas). Las esponjas costeras pertenecen a esta clase.
- Clase Archaeocyatha: No tienen representantes actuales. Fueron organismos marinos bentónicos con un esqueleto calcáreo y sin espículas, vivieron en

---

<sup>255</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>256</sup> Fish, & Fish, Op. Cit.

<sup>257</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>258</sup> Gómez, Buitrón, & Vachard, Op. Cit.

<sup>259</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>260</sup> TBQ Editors. Op. Cit.

<sup>261</sup> Beresi, M., & Heredia, S. Asociación de Espículas de Poríferos Cámbricos de la Formación Empozada, Precordillera de Mendoza. AMEGHINIANA, Revista Asociación Paleontológica Argentina, 32 (4), 401- 405. 1995

plataformas carbonatadas del Cámbrico y su esqueleto puede presentar formas cónicas o cilíndricas (Figura 4.2).

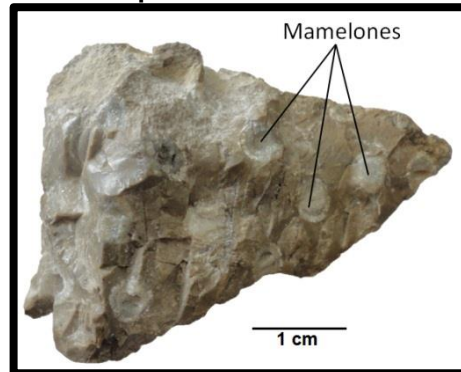
- Clase Estromatoporida: Constituyen un grupo extinto de poríferos, fueron importantes constructores de arrecifes en el Paleozoico, principalmente durante el Silúrico y Devónico y se caracterizan por la presencia de mamelones en su superficie. Sus espículas son microscópicas (Figura 4.3).

**Figura 4.2. Fotografía de un arqueociatido.**



Fuente: Autor, muestra P-578 bandeja N° 4 del laboratorio.

**Figura 4.3. Fotografía de un estromatoporido.**



Fuente: Autor, muestra P-297 bandeja N° 4 del laboratorio.

5.3.1.5 Importancia del registro fósil: Los primeros registros fósiles de poríferos datan del Cámbrico inferior y se extienden hasta nuestros días<sup>262</sup>; así mismo, la aparición de estos cuerpos fósiles es mucho más común en rocas carbonatadas y arenosas que en litologías arcillosas<sup>263</sup>.

Por el hecho de poseer representantes actuales se consideran un grupo importante para hacer reconstrucciones paleoecológicas pues se puede inferir y reconstruir fácilmente los ambientes del pasado<sup>264, 265</sup>; igualmente, el hecho de ser organismos sésiles los hace un grupo con grandes posibilidades de empleo como indicadores del comportamiento temporal de los factores ambientales<sup>266</sup>.

Las esponjas presentan diversos estados de conservación ya que la estructura y composición de los elementos de su esqueleto es muy variada, por tanto, las esponjas con espículas fusionadas o las esponjas calcáreas tienen mayor potencial de fosilización ya que su esqueleto fosiliza en conjunto<sup>267, 268</sup>, sin embargo, en la mayoría de casos el esqueleto espicular se desmorona y dispersa tras la muerte del organismo<sup>269</sup>, lo cual ha hecho de las espículas un importante objeto de estudio paleontológico para identificar estos especímenes y para hacer las respectivas interpretaciones paleoecológicas (Figura 4.4). Según el tamaño de la espículas, éstas pueden clasificarse en macroscleras y microscleras, y dependiendo la cantidad de ejes que presente, pueden denominarse monoaxonas (un eje), triaxonas (tres ejes o tres radios), tetraxonas (cuatro radios) y poliaxonas (Figura 4.5).

---

<sup>262</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>263</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>264</sup> Carrera, M. G. Significado Paleambiental de los Poríferos y Briozoos de la Formación San Juan (Ordovícico), Precordillera Argentina. AMEGHINIANA, Revista Asociación Paleontológica Argentina, 34 (2), 179- 199. 1997

<sup>265</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

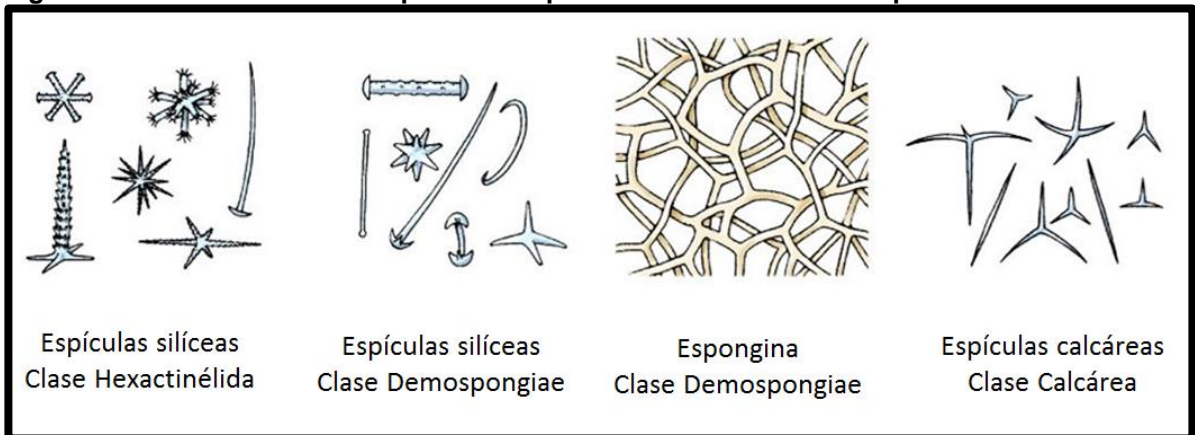
<sup>266</sup> Amaro, M. E., & Liñero-Arana, I. Demospongiae (Porífera) de Isla Larga, Bahía de Mochima, Venezuela. Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 41 (1&2), 45-53. 2002

<sup>267</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>268</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

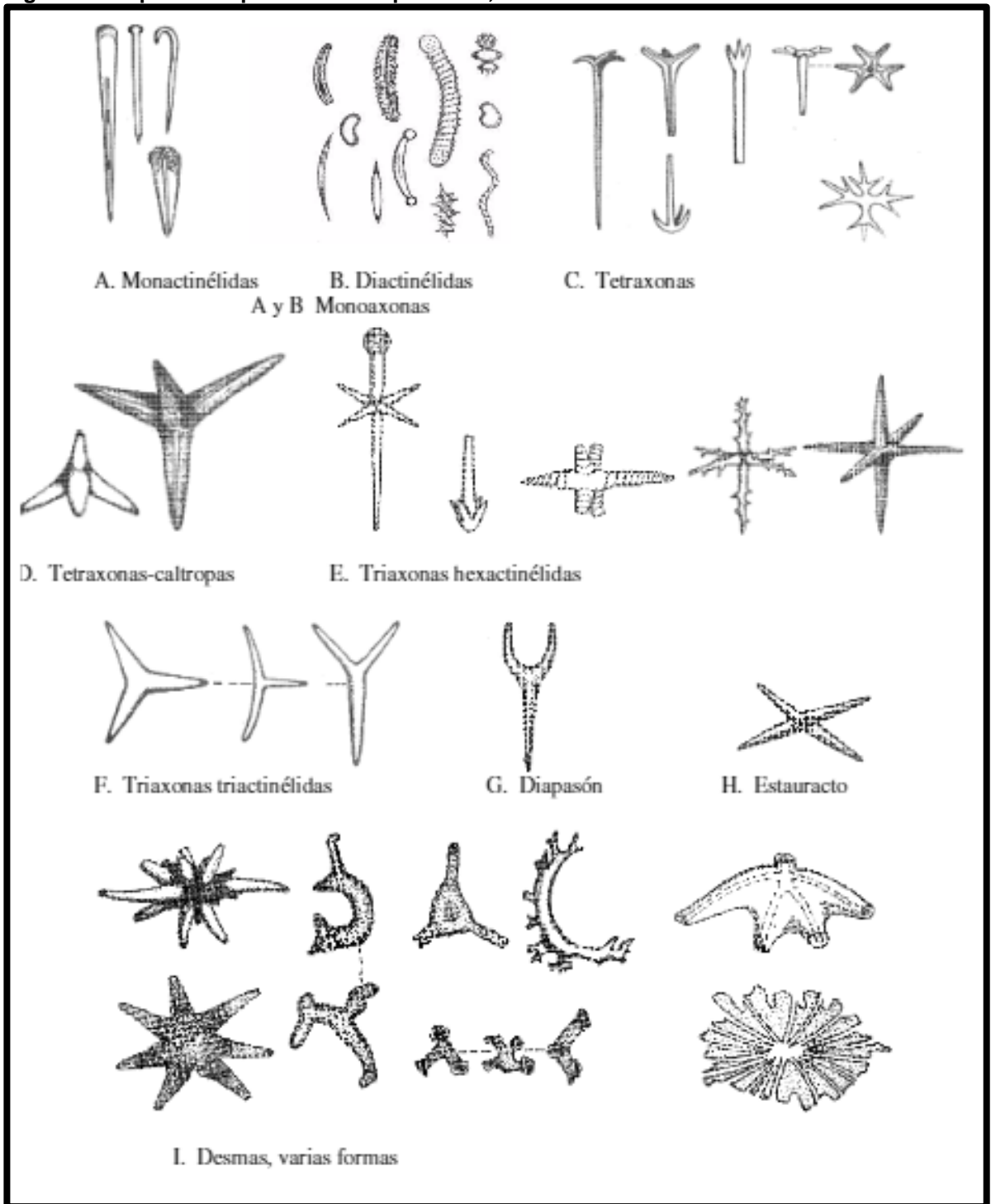
<sup>269</sup> Marshall, A. & Williams, Op. Cit.

Figura 4.4. Clasificación de los poríferos a partir de la forma de sus espículas.



Fuente: Tipos de células. Modificado de [http://cursosvirtuales.cfe.edu.uy/semipresencial/file.php/1/01/Tercero/135Zoologia1/unidades/unidad\\_3/Unidad\\_3\\_G.htm](http://cursosvirtuales.cfe.edu.uy/semipresencial/file.php/1/01/Tercero/135Zoologia1/unidades/unidad_3/Unidad_3_G.htm)

Figura 4.5. Tipos de espículas de los poríferos,



Fuente: Modificado de Shrock & Twenhöfel, 1953; Camacho, 1979 y Meléndez, 1977 en Cruz-Guevara, 1997.

**5.3.2 Introducción al Phylum Bryozoa.** Los briozoos, también llamados ectoproctos<sup>270</sup> conforman el filo más común de los lofoforados<sup>271</sup>. Son un grupo de invertebrados acuáticos sésiles que colonizan las algas, conchas, rocas y otros organismos<sup>272, 273, 274</sup>. Aunque son seres diminutos, en donde los individuos más grandes solo alcanzan el milímetro, pueden llegar a formar colonias macroscópicas de grandes extensiones<sup>275, 276</sup>.

5.3.2.1 Ecología: Son en su mayoría animales marinos<sup>277</sup> que habitan aguas poco profundas; sin embargo, se conocen algunas especies de agua dulce y otras que pueden llegar a sobrevivir a grandes profundidades<sup>278, 279, 280</sup>. Aunque pueden distribuirse en gran variedad de ambientes acuáticos, no suelen presentarse en aguas turbias o con influencias de sedimentos de grano fino, ya que estos últimos pueden llegar a dañar sus delicadas estructuras<sup>281</sup>.

5.3.2.2 Morfología: Las colonias (zoarios) construidas por estos organismos pueden presentar diversas formas y tamaños debido a que están compuestas por numerosas unidades diferenciadas llamadas zoecios<sup>282</sup>. Los zoecios son a su vez exoesqueletos de material quitinoso o calcáreo que han sido secretados por cada

---

<sup>270</sup> Sadava, D., Heller, C., Orians, G. H., Purves, W. K., & Hills, D. M. Vida: La Ciencia de la Biología (8ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2009

<sup>271</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>272</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>273</sup> Taylor, P. D., & Lewis, D. N. Fossil Invertebrates. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 2005

<sup>274</sup> Hammerson, G. A. Connecticut Wildlife: Biodiversity, Natural History, and Conservation. USA: University Press of New England. 2004

<sup>275</sup> Bock, Op. Cit.

<sup>276</sup> Fuchs, J. New Insights into the Evolution of Bryozoa: An Integrative Approach. University of Gothenburg, 1-14. 2011

<sup>277</sup> Reguant, S., Rodríguez, J., & Fernández, J. Morfología de las colonias de Briozoos en relación con la hidrodinámica del medio sedimentario. Acta Geológica Hispánica, 21-22, 541- 547. 1986-1987

<sup>278</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>279</sup> Wood, T. S. Study methods for freshwater bryozoans. Denisia, 16, 103-110. 2005

<sup>280</sup> Fuchs, Op. Cit.

<sup>281</sup> Taylor, Op. Cit.

<sup>282</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

uno de los individuos funcionales (zooides) para cubrirlos y protegerlos completamente<sup>283, 284, 285</sup> (Figura 4.6).

El zooide se forma por un cístido y un pólipo<sup>286, 287</sup>; el cístido, que puede ser blando o calcificado<sup>288</sup>, es una cavidad cerrada formada por una secreción cuticular y puede o no presentar un opérculo; mientras que el pólipo, suspendido en la cavidad celomática, es el conjunto de órganos que posee el organismo (lofóforo, ganglio nervioso, asa digestiva)<sup>289</sup>. El lofóforo es el único órgano capaz de extenderse hacia la columna de agua debido a su naturaleza evaginable, se encuentra alrededor de la boca y cuenta con gran cantidad de tentáculos ciliados cuyo número depende de la especie<sup>290</sup>; si los zooides se sienten amenazados, pueden retirar el lofóforo dentro de la cavidad corporal; la salida o apertura por la cual sale o retrae el lofóforo puede presentar diferentes morfologías<sup>291</sup> (Figura 4.7 y Figura 4.8). Reciben también el nombre de ectoproctos ya que el ano se encuentra por fuera de la corona de tentáculos<sup>292, 293, 294, 295</sup> (Figura 4.6).

---

<sup>283</sup> Kessel, R. G., & Shih, C. Y. Scanning Electron Microscopy in Biology: A Students' Atlas on Biological Organization. Berlin: Springer-Verlag Berlin. 1976

<sup>284</sup> Bock, Op. Cit.

<sup>285</sup> Hammerson, Op. Cit.

<sup>286</sup> Schäfer, P. Growth strategies of arctic Bryozoa in the Nordic Seas. En P. J. Hayward, J. S. Ryland & P. D. Taylor (Eds.), *Biology and Palaeobiology of Bryozoans* (pp. 173-176). Denmark: Olsen & Olsen Publishers. 1994

<sup>287</sup> Temkin, M. Bryozoans. En M. W. Denny & S. D. Gaines (Eds.), *Encyclopedia of Tidepools and Rocky Shores* (pp. 114-118). Los Angeles: University of California Press. 2007

<sup>288</sup> Fuchs, Op. Cit.

<sup>289</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>290</sup> Bock, Op. Cit.

<sup>291</sup> Sadava, Heller, Orians, Purves, & Hills, Op. Cit.

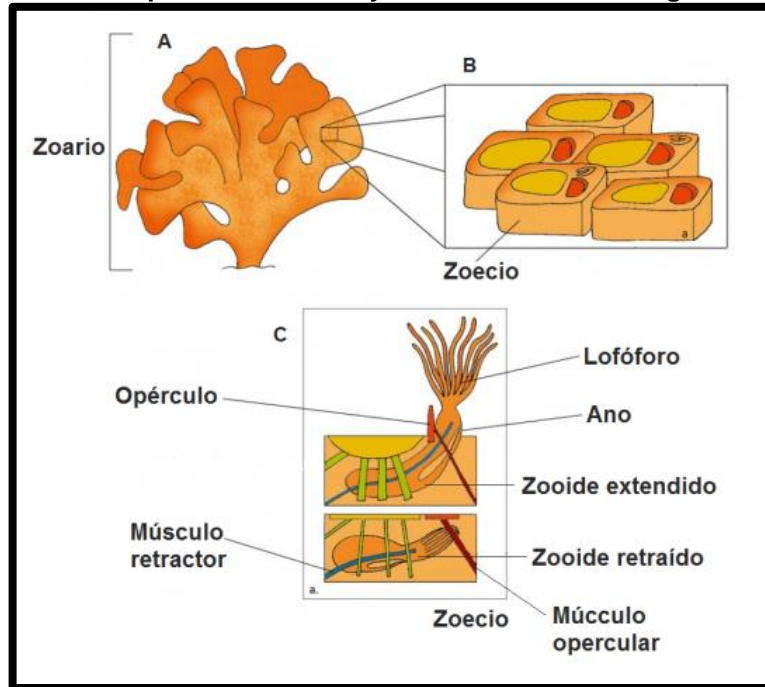
<sup>292</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>293</sup> Rich, P. V., Rich, T. H., Fenton, M. A., & Fenton, C. L. *The Fossil Book: A Record of Prehistoric Life*. Mineola, New York: Dover Publications, Inc. 1996

<sup>294</sup> Fernández-Álamo, M. A., & Rivas, G. Bivalvos. En M. A. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de organización en animales*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

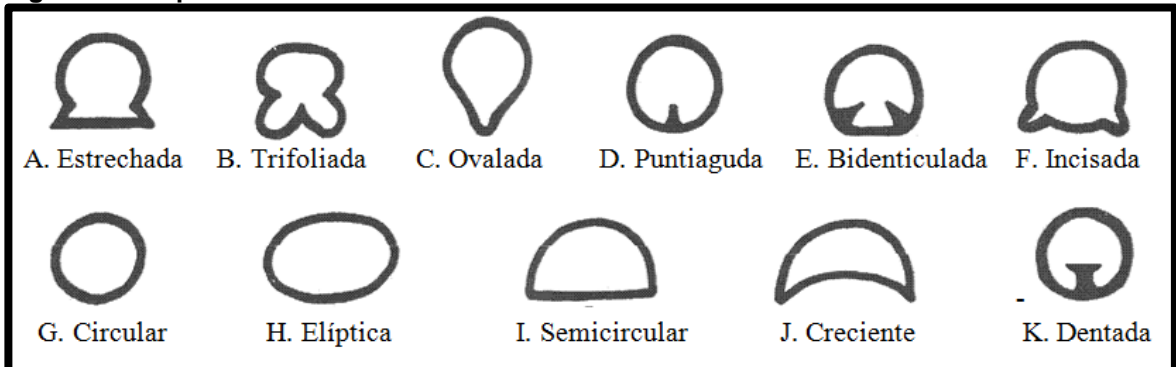
<sup>295</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

**Figura 4.6. Morfología de los briozoarios. (A) Colonia de briozoos (zoarios); (B) Detalle de los zoecios que conforman el zoario; (C) Morfología de los zooides que se ubican dentro de cada zoecio, se observa la posición retraída y extendida de estos organismos.**



Fuente: Agnés Eскурriola. Disponible en: [http://www.cibsub.cat/bioespecie\\_es-briozou-55356](http://www.cibsub.cat/bioespecie_es-briozou-55356)

**Figura 4.7. Tipos de aberturas en los briozoarios.**



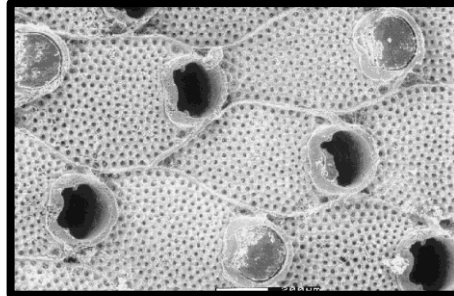
Tomado de Shrock & Twenhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

5.3.2.3 Alimentación: Los briozoos se alimentan por medio de filtración<sup>296</sup>, siendo los dinoflagelados y otros organismos planctónicos la fuente principal de

<sup>296</sup> Bock, Op. Cit.

alimento<sup>297, 298</sup>. Las partículas de comida son capturadas gracias al movimiento de los cilios de los tentáculos que conforman el lofóforo, los cuales crean una corriente de agua que arroja el alimento hacia la boca del animal<sup>299, 300, 301, 302</sup>.

**Figura 4.8. Fotografía de la abertura de diversos zooides vista bajo un microscopio electrónico de barrido.**



Fuente: University of California Museum of Paleontology: UCMP.

5.3.2.4 Reproducción y crecimiento de la colonia: El ciclo de vida de los briozoos incluye fases de reproducción sexual y asexual<sup>303, 304</sup>, siendo la mayoría de especies hermafroditas<sup>305</sup>.

Presentan un estado larval libre originado mediante reproducción sexual<sup>306</sup>; la larva con el paso del tiempo se convierte en un adulto sésil mediante un complejo

---

<sup>297</sup> Ryland, J. S. Bryozoa: an introductory overview. *Denisia*, 16, 9-20. 2005

<sup>298</sup> Hammerson, Op. Cit.

<sup>299</sup> Winston, J. E. Feeding in Marine Bryozoans. En R. M. Woollacott & R. L. Zimmer (Eds.), *Biology of Bryozoans* (pp. 233-268). New York: Academic Press, Inc. 1997

<sup>300</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>301</sup> Fuchs, Op. Cit.

<sup>302</sup> Santagata, S. Ectoprocta. En A. Wanninger (Ed.), *Evolutionary Developmental Biology of Invertebrates 2: Lophotrochozoa (Spiralia)* (pp. 247-262). New York: Springer-Verlag Wien. 2015

<sup>303</sup> Aguirre, J. Briozoos. En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 419-446). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

<sup>304</sup> Hammerson, Op. Cit.

<sup>305</sup> Kessel, & Shih, Op. Cit.

<sup>306</sup> Fuchs, Op. Cit.

proceso de metamorfosis<sup>307, 308</sup>, dando origen a un zooide primario, también conocido como ancéstrula<sup>309</sup> que será el encargado de crear nuevos zooides (Ontogenia) y formar la colonia (Astogenia)<sup>310, 311</sup>; sin embargo, los nuevos zooides serán morfológicamente diferentes al original<sup>312</sup>.

Los zooides creados a partir de la ancéstrula forman la colonia mediante reproducción asexual en un proceso conocido como “budding”<sup>313, 314, 315</sup>, además, este tipo de reproducción es esencial pues permite el reemplazo de pólipos viejos por nuevos y la regeneración de fragmentos de la colonia<sup>316</sup>.

Mientras que el zoario continua creciendo por “budding”, algunos zooides inician una reproducción sexual y crean óvulos y espermatozoides que se convertirán en larvas libres y continuará el proceso de dispersión, proliferación y creación de nuevas colonias<sup>317</sup> (Figura 4.9), cuya diversidad de formas y texturas, dependerán de la especie de briozoos que dan su origen<sup>318</sup>, de sus necesidades y de la naturaleza del medio<sup>319</sup>, ya que estos factores condicionan la rigidez, número de capas de zooides, altura y patrón del zoario<sup>320</sup>.

---

<sup>307</sup> Cook, P. L., & Chimonides, P. J. Early Astogeny of some Rooted Cheilostome Bryozoa. En G. P. Larwood & C. Nielsen (Eds.), *Recent and Fossil Bryozoa: Papers Presented at the 5th International Conference of Bryozoa* (pp. 59-64). Denmark: Olsen & Olsen Publishers. 1981

<sup>308</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>309</sup> Bell, G. *The Masterpiece of Nature: The Evolution and Genetics of Sexuality*. London: Croom Helm Ltd. 1982

<sup>310</sup> Bock, Op. Cit.

<sup>311</sup> Hayward, P. J. *Ctenostome Bryozoans: Keys and Notes for the Identification of the Species*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. 1985

<sup>312</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>313</sup> Ibid

<sup>314</sup> Taylor, Op. Cit.

<sup>315</sup> Fernández-Álamo, M. A., & Rivas, G. *Niveles de organización en animales*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

<sup>316</sup> Fuchs, Op. Cit.

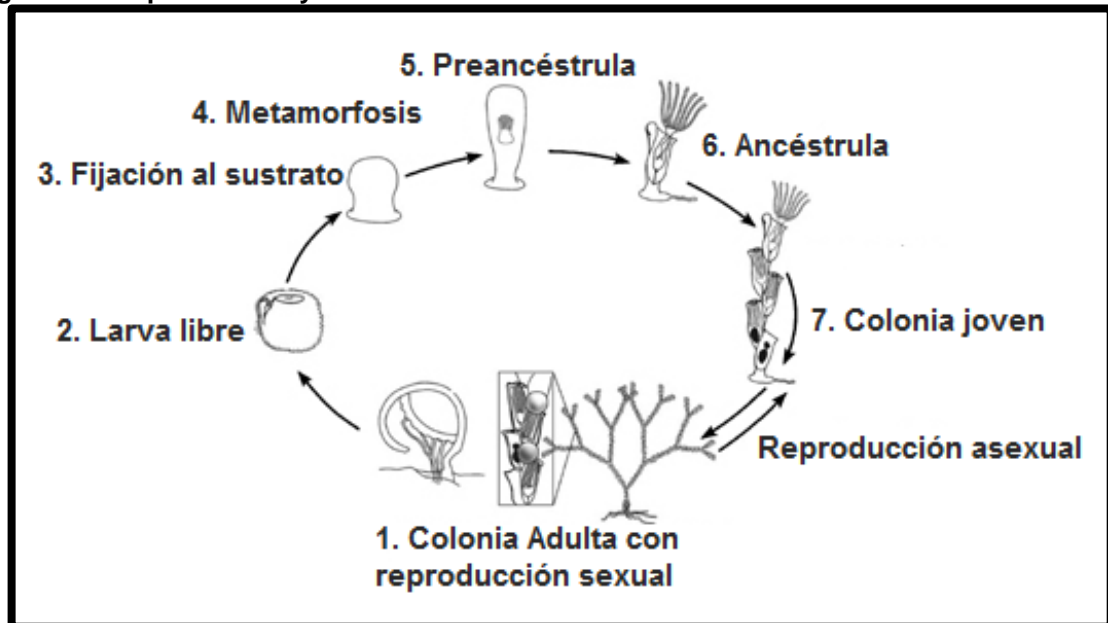
<sup>317</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

<sup>318</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>319</sup> Reguant, Rodríguez, & Fernández, Op. Cit.

<sup>320</sup> Bock, Op. Cit.

Figura 4.9. Reproducción y ciclo de vida de los briozoos.



Fuente: <http://www.mobes.info/article/1746248966/>

Por otro lado, en ciertas especies los individuos de una misma colonia pueden presentar aspectos variados de acuerdo a la función que cumplen<sup>321, 322</sup>. El autozooides es la forma más predominante y se encarga de la alimentación<sup>323, 324</sup>, es comúnmente menor de un milímetro y su exoesqueleto puede variar de una fina capa de cutícula a una gruesa capa calcificada. Los zooides especializados reciben el nombre de heterozooides, entre los que destacan el tipo nanozooides, con un pólipos constituido por un solo tentáculo que puede realizar un movimiento de barrido, por lo que su función se atribuye a la limpieza de la colonia<sup>325</sup>; gonozooides, modificados para la reproducción; el tipo aviculario, de menor tamaño que los autozooides y caracterizado por presentar un gran opérculo en forma de pico; y los zooides de tipo vibraculario, cuyo opérculo ha adquirido forma

<sup>321</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>322</sup> SadavaHeller, Orians, Purves, & Hills, Op. Cit.

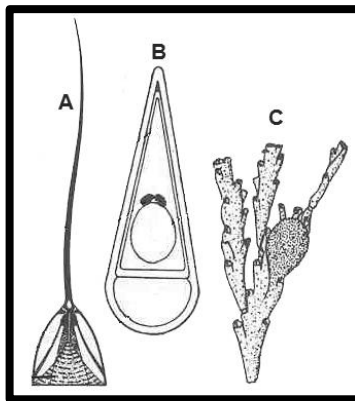
<sup>323</sup> Schäfer, Op. Cit.

<sup>324</sup> Santagata, Op. Cit.

<sup>325</sup> Aguirre, Briozoos, Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

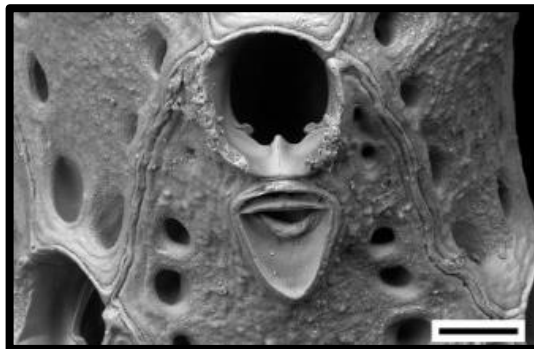
de látigo<sup>326</sup> (Figura 4.10 y Figura 4.11). La función de los avicularios y vibracuarios no es clara aún, pues aunque se ha creído que ambos tipos de zooides ayudan a mantener la colonia libre de partículas y de organismos que significan una amenaza para esta, algunos zoarios sin presencia de este tipo de zooides especializados logran mantenerse a salvo<sup>327</sup>.

**Figura 4.10. Morfología de los heterozooides. (A) Vibracuario, cuyo opérculo ha adquirido forma de látigo; (B) Avicularios, con opérculo en forma de pico; (C) Gonozooides; modificados para la reproducción.**



Fuente: Johnston. *Multiporina unicornis*, 1847 Recuperado de [http://researcharchive.calacademy.org/research/izg/SFBay2K/Multiporina\\_unicornis.htm](http://researcharchive.calacademy.org/research/izg/SFBay2K/Multiporina_unicornis.htm)

**Figura 4.11. Fotografía de un autozoioide y aviculario a través de un microscopio electrónico de barrido.**



Recuperado de [https://www.researchgate.net/figure/236088322\\_fig10\\_A-colony-showing-autozooids-and-ovicellate-zooids-bleached-B-distal-colony-edge-with](https://www.researchgate.net/figure/236088322_fig10_A-colony-showing-autozooids-and-ovicellate-zooids-bleached-B-distal-colony-edge-with)

<sup>326</sup> Ryland, J. S. Bryozoans (Phylum Bryozoa). En P. J. Hayward & J. S. Ryland (Eds.), Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe (pp. 629-661) Oxford: Oxford University Press. 1995

<sup>327</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

5.3.2.5 Clasificación: En un principio los briozoos marinos y los de agua dulce fueron separados en dos clases: Phylactolaemata y Gymnolaemata; sin embargo, en los últimos años fue derivada de los briozoos marinos una tercera clase llamada Stenolaemata<sup>328</sup> basada en diferencias de la morfología del zooide y la forma de reproducción<sup>329</sup>.

- Clase Phylactolaemata: Son briozoos de agua dulce que poseen un lofóforo en forma de herradura<sup>330, 331, 332, 333</sup> y zooides con apariencia cilíndrica<sup>334</sup>. Se caracterizan por presentar una cavidad corporal común, mientras que en las otras clases los zooides están separados por particiones o septos<sup>335</sup> y también por presentar una forma especial de reproducción asexual mediante la producción de estatoblastos<sup>336</sup>. Su potencial de fosilización es bajo debido a que no poseen un esqueleto mineralizado<sup>337, 338</sup>. Se conocen desde el Mesozoico hasta hoy<sup>339</sup>.
- Clase Stenolaemata: Organismos exclusivamente marinos; poseen un lofóforo circular, exoesqueleto calcáreo y zooides con forma cilíndrica separados entre sí por septos. Todo el registro que se tiene es fósil a excepción de algunos especímenes del orden Cyclostomatida<sup>340</sup>. Sus primeros registros datan del Ordovícico<sup>341</sup>.

---

<sup>328</sup> Ryland, 2005, Op. Cit.

<sup>329</sup> Temkin, Bryozoans, Denny & Gaines, Op. Cit.

<sup>330</sup> Orellana, M. C. Estado de Conocimiento de los Briozoos Dulceacuícolas de Chile. Gayana, 70 (1), 96-99. 2006

<sup>331</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>332</sup> Fernández-Álamo, M. F., & Rivas, G. Phylum Brachiopoda. En M. F. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), Niveles de organización en animales (pp.278-283). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

<sup>333</sup> Taylor, Op. Cit.

<sup>334</sup> Ryland, 2005, Op. Cit.

<sup>335</sup> Temkin, Bryozoans, Denny & Gaines, Op. Cit.

<sup>336</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>337</sup> Taylor, Op. Cit.

<sup>338</sup> Aguirre, Briozoos, Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

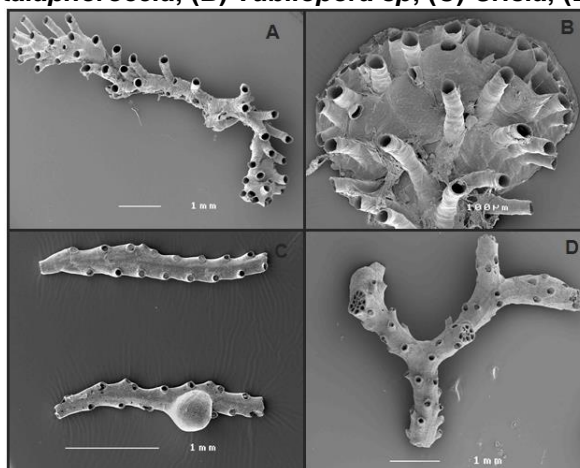
<sup>339</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

<sup>340</sup> Fernández-Álamo, & Rivas, Op. Cit.

<sup>341</sup> Prothero, Op. Cit.

- Orden Cyclostomatida: Poseen zoecios calcáreos de forma tabular con una serie de poros abiertos que permiten la interacción entre los zooides de la colonia<sup>342</sup> y un lofóforo de forma circular<sup>343</sup>. En sus colonias no hay presencia de avicularios o vibracuarios<sup>344</sup>, aunque se pueden presentar otro tipo de zooides especializados como gonozooides o cenozooides<sup>345</sup> (Figura 4.12).
- Orden Trepostomatida: Colonias masivas compuestas por largos zooides calcáreos tabulares y paralelos<sup>346</sup> sin poros que interconecten los zooides<sup>347</sup>. Los zoecios forman frecuentemente prominencias en la superficie de la colonia llamadas montículos; mientras que otras veces, pueden formar depresiones o máculas sobre la superficie del zoario<sup>348</sup>. Su registro se ubica en el Ordovícico-Triásico<sup>349, 350</sup> (Figura 4.13).

**Figura 4.12. Estructura y forma de los zoarios y zoecios de briozoos pertenecientes al orden Cyclostomatida. (A) *Entalophoroecia*; (B) *Tubilopora* sp; (C) *Crisia*; (D) *Insertae sedis*.**



Recuperado

[https://www.univie.ac.at/Palaeontologie/Sammlung/Bryozoa/Safaga\\_Bay/Cyclostomata/Annectocymidae/Entalophoroecia.html](https://www.univie.ac.at/Palaeontologie/Sammlung/Bryozoa/Safaga_Bay/Cyclostomata/Annectocymidae/Entalophoroecia.html)

de

<sup>342</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>343</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>344</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>345</sup> Aguirre, Briozoos, Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>346</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>347</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>348</sup> Lehmann, U., & Hillmer, G. Fossil Invertebrates. Cambridge: Cambridge University Press. 1983

<sup>349</sup> Aguirre, Briozoos, Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>350</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

**Figura 4.13. Fotografía de un briozoo trepostomatido del género *Hallopora*.**



Fuente: <http://www.unipd.it/musei/geologia/approfondimenti/briozoi.html>

- Orden Cryptostomatida: Confinados en el Paleozoico y alcanzando su máxima proliferación en el Devónico y Carbonífero<sup>351</sup>. Exhiben colonias uni o bilaminares, a veces ramificadas, foliadas o reticuladas<sup>352</sup>. Los zooides presentan una apariencia tabular pero son más cortos que en el orden Trepostomatida. Por otro lado, no presentan poros (Aguirre, 2009) o zooides diferenciados<sup>353</sup>.

Hacen parte de este orden los Fenestrellidos, distribuidos alrededor de todo el mundo y especialmente abundantes en depósitos del Devónico y Pérmico, caracterizados por su distribución en forma de abanico; y también el género Archimedes, cuya colonia presenta forma de tornillo dispuesto alrededor de un eje central<sup>354</sup> (Figura 4.14).

---

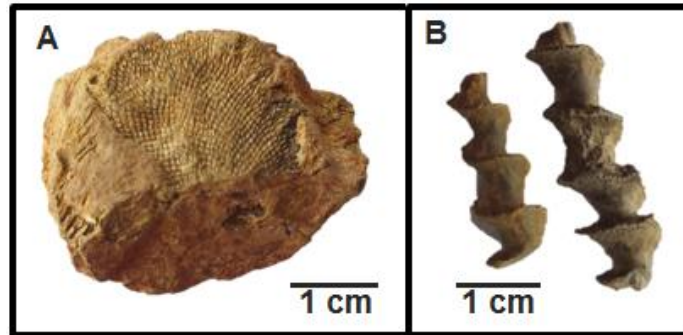
<sup>351</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>352</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>353</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>354</sup> Lehmann, & Hillmer, Op. Cit.

**Figura 4.14.** Fotografía de dos de los géneros más representativos del orden Cryptostomatida. (A) *Fenestrella*; (B) *Archimedes*.



Fuente: Autor, muestras P-145 y P-146 de la bandeja N° 6.

- Clase Gymnolaemata: La mayoría son marinos. Presentan zooides y lofóforo de forma circular y exhiben zoecios en forma de caja<sup>355</sup>. Los zooides se separan entre sí por septos o una doble pared que exhibe poros abiertos; además, es la clase que presenta mayor variedad de morfologías<sup>356, 357</sup>.
  - Orden Ctenostomatida: Se caracterizan por presentar zoecios ovoides que difícilmente fosilizan debido a que no están hechos de material calcáreo<sup>358</sup>.
  - Orden Cheilostomatida: Aparecieron a mediados del Jurásico<sup>359</sup> y son los briozoos más numerosos y evolucionados debido a que sus colonias presentan gran cantidad de zooides especializados<sup>360</sup>. A su vez, presentan zoecios calcificados en forma de caja con una apertura frontal que puede cerrarse mediante un opérculo; de igual manera, las oviceidas, extensiones de la pared en donde se llevan a cabo las primeras etapas de la vida de los organismos, son muy comunes en este orden<sup>361</sup> (Figura 4.15 y Figura 4.16). Su ocurrencia se extiende hasta la actualidad<sup>362</sup>.

<sup>355</sup> Flügel, Op. Cit.

<sup>356</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>357</sup> Fernández-Álamo, & Rivas, Bivalvos, Fernández-Álamo & Rivas, Op. Cit.

<sup>358</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

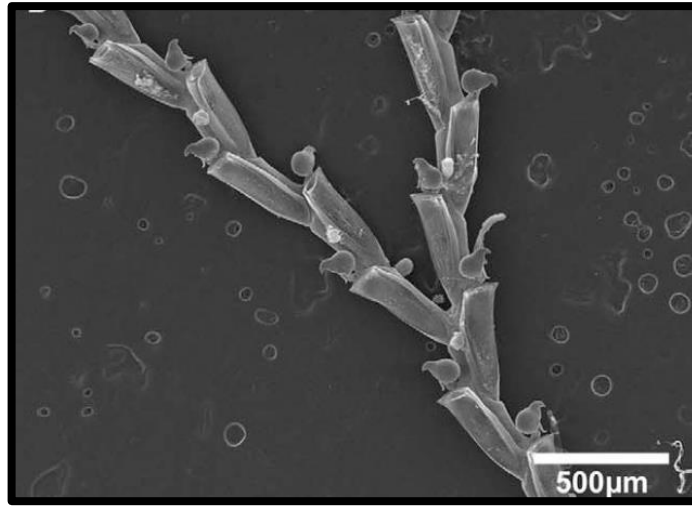
<sup>359</sup> Ibid

<sup>360</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>361</sup> Lehmann, & Hillmer, Op. Cit.

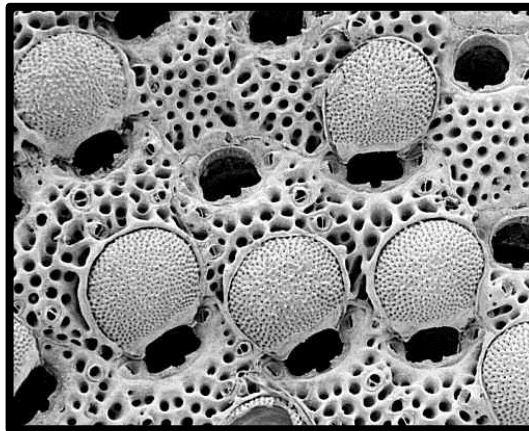
<sup>362</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

**Figura 4.15. Fotografía de un briozoo cheilostomado del género *Búgula*, bajo un microscopio electrónico de barrido.**



Fuente: New species of Bryozoans from Brazil. Recuperado de <http://sciencythoughts.blogspot.com.co/2012/07/new-species-of-bryozoans-from-brazil.html>

**Figura 4.16. Fotografía de un briozoo cheilostomado del género *Sinupetraliella concinna*, bajo un microscopio electrónico de barrido.**



Fuente: New species of Bryozoans from Brazil. Recuperado de <http://sciencythoughts.blogspot.com.co/2012/07/new-species-of-bryozoans-from-brazil.html>

5.3.2.6 Importancia en el registro geológico: Poseen un abundante registro fósil en depósitos marinos que datan desde el Ordovícico hasta el Holoceno<sup>363</sup>,<sup>364</sup>,<sup>365</sup> pues

---

<sup>363</sup> Flügel, Op. Cit.

<sup>364</sup> Santagata, Op. Cit.

<sup>365</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

el esqueleto secretado por los zooides, de composición predominantemente calcárea, ha facilitado el proceso de fosilización<sup>366, 367</sup>. Los fósiles más abundantes son los pertenecientes a la clase Stenolaemata, de esqueleto calcáreo y cuyo registro empieza en el Jurásico superior, mientras que aquellos briozoos de la clase Phylactolaemata carecen de registro fósil debido a la ausencia de esqueleto mineralizado<sup>368, 369</sup>. Por otro lado, en la clase Gymnolaemata, son abundantes los especímenes fósiles del orden Cheilostomata, mientras que la fosilización del orden Ctenostomatida se da en raras ocasiones a causa de sus cuerpos blandos<sup>370, 371</sup>.

Los briozoos son buenos indicadores paleoambientales y paleoclimáticos<sup>372, 373, 374</sup> pues están estrechamente relacionados con el tipo de sedimento en el que se encuentran<sup>375</sup> y porque algunos parámetros como temperatura, salinidad, energía del agua, carácter del sustrato y tasa de sedimentación pueden deducirse de las asociaciones de briozoos<sup>376</sup>; así mismo, la abundancia, morfología de los zooides, formas de crecimiento de las colonias y las relaciones con otros fósiles proporcionan información acerca de los controles físicos de su hábitat<sup>377</sup>. Los cambios en la forma y tamaño de los briozoos a causa de variaciones en los factores físicos y químicos del medio en que se desarrollan son el objeto de estudio paleoecológico<sup>378</sup>; sin embargo, lo útil para llevar a cabo estas

---

<sup>366</sup> Schäfer, Op. Cit.

<sup>367</sup> Taylor, Op. Cit.

<sup>368</sup> Aguirre, Briozoos, Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>369</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

<sup>370</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>371</sup> Ryland, Op. Cit.

<sup>372</sup> Flügel, Op. Cit.

<sup>373</sup> Hayward, P. J., & Ryland, J. S. Cyclostome Bryozoans: Keys and Notes for the Identification of the Species. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. 1985

<sup>374</sup> Berning, B. The Mediterranean bryozoan *Myriapora truncate* (Pallas, 1766): a potential indicator of (palaeo-) environmental conditions. *Lethaia*, 40, 221-232. 2007

<sup>375</sup> Aguirre, Briozoos, Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>376</sup> Molina, J. M., & Serna, A. Calizas de briozoos del Oligoceno superior-Mioceno inferior: Implicaciones paleoambientales (Subbético Externo, Sierra de Cabra, provincia de Córdoba). *Geogaceta*, 54, 31-34. 2013

<sup>377</sup> Ibid

<sup>378</sup> Taylor, Op. Cit.

interpretaciones paleoambientales es el estudio de varios morfotipos coloniales asociados ya que ninguna forma zoarial está restringida a un único hábitat<sup>379</sup>.

Aunque los briozoos han sido constantemente utilizados para estudios paleoambientales, Taylor<sup>380</sup> propone que su aplicación debe seguirse desarrollando pues aún no se conocen en totalidad los factores biológicos y físicos que controlan la distribución de estos animales.

## 5.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS

### Trabajo individual

Después de estudiar las principales características de los filos Bryozoa y Porífera, escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°4 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio, una vez terminado el análisis de este fósil en particular, continúe con la descripción de un ejemplar de la bandeja N° 6. Cuando concluya el análisis de estas muestras, siga el mismo procedimiento para la mayor cantidad de ejemplares en cada bandeja, trate de escoger muestras morfológicamente distintas. Recuerde que junto con cada espécimen se encuentra su clasificación taxonómica.

- Fase de observación

Detalle las muestras y observe las siguientes características:

### Especímenes del filo Porífera

---

<sup>379</sup> Molina, & Serna, Op. Cit.

<sup>380</sup> Taylor, Op. Cit.

- 1) ¿Qué tamaño y apariencia (tabular, esférica, ramificada) presenta el ejemplar?
- 2) ¿El esqueleto está compuesto por espículas o presenta una calcificación masiva?
- 3) ¿Las espículas están fusionadas o aisladas entre sí?
- 4) ¿Qué forma presentan las espículas del ejemplar?
- 5) ¿Cuántos ejes posee cada espícula?
- 6) ¿Cuántos radios conforman las espículas?
- 7) ¿Presentan dichos radios alguna simetría?

#### Especímenes del filo Bryozoa

- 1) ¿Qué forma tienen los zoarios?
- 2) ¿Se trata de colonias masivas o incrustantes?
- 3) ¿Qué tipo de crecimiento y desarrollo presenta la colonia?
- 4) ¿Qué formas tienen los zoecios?
- 5) ¿Qué tipo de abertura y opérculo presenta cada zoecio?
- 6) Observa algún tipo de heterozoecio? ¿De qué tipo?
- 7) ¿Observa máculas o montículos?

- Fase de descripción

Con base en los detalles identificados durante la fase de observación, realice un dibujo para cada muestra estudiada, trazando en primer lugar un esquema general de los aspectos de la estructura fósil y posteriormente, incluya las características más detalladas, haciendo que los dibujos sean lo más preciso y real posible y que representen todas las características morfológicas que ha identificado. Realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

- 1) Identifique las características morfológicas de los ejemplares estudiados teniendo en cuenta la clasificación taxonómica a la que corresponden ¿Se preservan todos los aspectos distintivos de la clase a la que pertenecen?
- 2) Indique el modo de vida de cada espécimen teniendo en cuenta la morfología del individuo o la colonia, según sea el caso.
- 3) Debido a que los poríferos responden a la energía hidrodinámica del medio y a la cantidad de sedimento presente en este, proponga un posible hábitat para el ejemplar estudiado, ¿Cuál sería la energía del medio?
- 4) Si la rigidez, número de capas de zooides, altura y patrón del zoario están relacionados con las necesidades de los individuos y de la naturaleza del medio, proponga las posibles condiciones ambientales bajo las cuales se formó la colonia.

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros. Respondan las siguientes preguntas:

- 1) ¿Encuentra alguna relación entre la complejidad del sistema acuífero de los poríferos con el medio en que habitan? ¿Considera que aquellos con estructura interna de tipo ascón necesitan filtrar menor cantidad de agua para sobrevivir?
- 2) Teniendo en cuenta que el color, tamaño y apariencia de los poríferos dependen directamente del ambiente en que se desarrollan, ¿Bajo qué condiciones se presentarían las formas ramificadas y en qué medio proliferarían las formas tabulares y esféricas? ¿Qué factor ambiental influenciaría en su tamaño?

- 3) ¿Piensa que las colonias de briozoos que habitan a grandes profundidades deben tener una astogenia diferente de los zoarios que se desarrollan en zonas someras? ¿Está este factor relacionado con que algunas especies hayan podido sobrevivir a mayores cambios de presión?
- 4) ¿Encuentra alguna relación entre el número de heterozoecios presentes en una colonia y la cantidad de amenazas del medio? ¿Cree que aquellas especies que habitan en zonas tranquilas presentan solo un tipo de zoecio (autozoecios)?

## 5.5 BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, J. Briozoos. En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 419-446). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

Amaro, M. E., & Liñero-Arana, I. Demospongiae (Porífera) de Isla Larga, Bahía de Mochima, Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente*, 41 (1&2), 45-53. 2002

Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. *Biología: la vida en la tierra* (6ª ed.). México: Pearson Education, S.A. 2003

Barrientos, Z. *Zoología General*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José. 2003

Bell, G. *The Masterpiece of Nature: The Evolution and Genetics of Sexuality*. London: Croom Helm Ltd. 1982

Berning, B. The Mediterranean bryozoan *Myriapora truncate* (Pallas, 1766): a potential indicator of (palaeo-) environmental conditions. *Lethaia*, 40, 221-232. 2007

Beresi, M., & Heredia, S. Asociación de Espículas de Poríferos Cámbricos de la Formación Empozada, Precordillera de Mendoza. *AMEGHINIANA, Revista Asociación Paleontológica Argentina*, 32 (4), 401- 405. 1995

Bock, P. E. Bryozoans (Phylum Bryozoa). En S. A. Shepherd & I. M. Thomas (Eds.), *Marine invertebrates of southern Australia. Part I* (pp. 319-394). Australia: Handbooks Committee Adelaide S.A. 1982

Braga, J. C., Fernández, E., García, D., Méndez, I., Moreno, E., & Perejón, A. Cnidarios (filo Cnidaria). En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 36-65). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

Brümmer, F. & Nickel, M. Sustainable Use of Marine Resources. En W. E. G. Müller (Ed.), *Sponges (Porífera)* (pp. 143-159). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2003

Borradaile, L. A., & Potts, F. A. *The Invertebrata: A Manual for the Use of Students* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Cambridge: Cambridge University Press. 1967

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7<sup>a</sup> ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Carrera, M. G. Significado Paleoambiental de los Poríferos y Briozoos de la Formación San Juan (Ordovícico), Precordillera Argentina. *AMEGHINIANA, Revista Asociación Paleontológica Argentina*, 34 (2), 179- 199. 1997

Cook, P. L., & Chimonides, P. J. Early Astogeny of some Rooted Cheilostome Bryozoa. En G. P. Larwood & C. Nielsen (Eds.), *Recent and Fossil Bryozoa: Papers Presented at the 5th International Conference of Bryozoa* (pp. 59-64). Denmark: Olsen & Olsen Publishers. 1981

Cruz-Guevara, L. E. *Paleontología de Invertebrados: Guías de laboratorio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología. 1997

Curtis, H., Barnes, N. S., Schnek, A., & Massarini, A. *Biología* (7ª ed. en español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2008

del Baño-Breis, F. *Diccionario de ciencias naturales y términos afines*. Murcia, España: Editorial Regional de Murcia. 1982

Ereskovsky, A. V. *The Comparative Embryology of Sponges*. New York: Springer Science & Business Media, B.V. 2010

Fish, J. D., & Fish, S. *A Student's Guide to the Seashore*. London: Unwin Hyman Ltd. 1989

Fernández-Álamo, M. A., & Rivas, G. Ectoprocta. En M. A. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de organización en animales* (pp. 284-290). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

Flügel, E. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Springer Science & Business Media. 2010

Fuchs, J. New Insights into the Evolution of Bryozoa: An Integrative Approach. *University of Gothenburg*, 1-14. 2011

Ghiold, J., Rountree, G. A., & Smith, S. H. Common sponges of the Cayman Islands. En M. A., Brunt & J. E. Davies (Eds.), *The Cayman Islands: Natural History and Biogeography* (pp. 131-138). New York: Springer Science & Business Media, B.V. 1994

Gómez, P. Phylum Porífera. En M. A. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de Organización en animales* (pp. 44-59). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

Hammerson, G. A. *Connecticut Wildlife: Biodiversity, Natural History, and Conservation*. USA: University Press of New England. 2004

Hayward, P. J. *Ctenostome Bryozoans: Keys and Notes for the Identification of the Species*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. 1985

Hayward, P. J., & Ryland, J. S. *Cyclostome Bryozoans: Keys and Notes for the Identification of the Species*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. 1985

Hooper, J. N., van Soest, R. W., & Debrenne, F. Phylum Porifera. En H. N. Hooper., R. W. Van Soest (Eds.), *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges, Volume 1* (pp. 9-14). New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers. 2002

Kessel, R. G., & Shih, C. Y. *Scanning Electron Microscopy in Biology: A Students' Atlas on Biological Organization*. Berlin: Springer-Verlag Berlin. 1976

Kotpal, R. L. *Modern Text Book of Zoology: Invertebrates*. New Delhi: Rastogi Publications. 2012

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

Lehmann, U., & Hillmer, G. *Fossil Invertebrates*. Cambridge: Cambridge University Press. 1983

Maldonado, M., & Riesgo, A. Reproduction in the Phylum Porifera: A Synoptic Overview. *Treballs de la SCB*, 59, 29-49. 2008

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Madrid: Editorial Reverté, S.A. 1985

Molina, J. M., & Serna, A. Calizas de briozoos del Oligoceno superior-Mioceno inferior: Implicaciones paleoambientales (Subbético Externo, Sierra de Cabra, provincia de Córdoba). *Geogaceta*, 54, 31-34. 2013

Orellana, M. C. Estado de Conocimiento de los Briozoos Dulceacuícolas de Chile. *Gayana*, 70 (1), 96-99. 2006

Prothero, D. R. *Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology*. New York: Columbia University Press. 2003

Reguant, S., Rodríguez, J., & Fernández, J. Morfología de las colonias de Briozoos en relación con la hidrodinámica del medio sedimentario. *Acta Geológica Hispánica*, 21-22, 541- 547. 1986-1987

Rich, P. V., Rich, T. H., Fenton, M. A., & Fenton, C. L. *The Fossil Book: A Record of Prehistoric Life*. Mineola, New York: Dover Publications, Inc. 1996

Ryland, J. S. Bryozoans (Phylum Bryozoa). En P. J. Hayward & J. S. Ryland (Eds.), *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe* (pp. 629-661) Oxford: Oxford University Press. 1995

Ryland, J. S. Bryozoa: an introductory overview. *Denisia*, 16, 9-20. 2005

Sadava, D., Heller, C., Orians, G. H., Purves, W. K., & Hills, D. M. *Vida: La Ciencia de la Biología* (8ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2009

Santagata, S. Ectoprocta. En A. Wanninger (Ed.), *Evolutionary Developmental Biology of Invertebrates 2: Lophotrochozoa (Spiralia)* (pp. 247-262). New York: Springer-Verlag Wien. 2015

Schäfer, P. Growth strategies of arctic Bryozoa in the Nordic Seas. En P. J. Hayward, J. S. Ryland & P. D. Taylor (Eds.), *Biology and Palaeobiology of Bryozoans* (pp. 173-176). Denmark: Olsen & Olsen Publishers. 1994

Springer, J. T., & Holley, D. *An Introduction to Zoology*. Wall Street: Jones & Bartlett Learning. 2013

Taylor, P. D. Bryozoans and Paleoenvironmental Interpretation. *Golden Jubilee*, 50 (2), 1-11. 2005

Taylor, P. D., & Lewis, D. N. *Fossil Invertebrates*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 2005

TBQ Editors. *Biology, Volume 2 of 3*. USA: Textbook Equity Imprint. 2014

Temkin, M. Bryozoans. En M. W. Denny & S. D. Gaines (Eds.), *Encyclopedia of Tidepools and Rocky Shores* (pp. 114-118). Los Angeles: University of California Press. 2007

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Winston, J. E. Feeding in Marine Bryozoans. En R. M. Woollacott & R. L. Zimmer (Eds.), *Biology of Bryozoans* (pp. 233-268). New York: Academic Press, Inc. 1997

Wood, T. S. Study methods for freshwater bryozoans. *Denisia*, 16, 103-110. 2005

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press.  
1958

## 6. LABORATORIO N° 5: PHYLUM CNIDARIA

### 6.1 OBJETIVOS

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los cnidarios para facilitar el reconocimiento en campo de los organismos fósiles pertenecientes a este filo.
- Identificar las diferencias morfológicas que existen entre las diversas clases y órdenes que componen el filo cnidaria para adquirir la capacidad de clasificar taxonómicamente los especímenes fósiles.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su adaptación al medio ambiente en que habitaron.
- Reconocer la importancia de los cnidarios fósiles en estudios paleoambientales y su papel fundamental en los ecosistemas del pasado, en particular, aquellos pertenecientes al orden Tabulata, Rugosa y Scleractinia.

### 6.2 MATERIAL REQUERIDO

Bandeja N° 5 del laboratorio de paleontología, que incluye ejemplares de diferentes clases y órdenes de cnidarios.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

## 6.3 MARCO TEÓRICO

**6.3.1 Introducción al Phylum Cnidaria.** Los cnidarios son un grupo de animales relativamente simples entre los que se incluyen los corales, hidroides, medusas, anemonas de mar y abanicos de mar, cuya característica principal es la habilidad de sintetizar un producto celular de alta complejidad llamado cnidocisto<sup>381</sup>. Son animales predominantemente marinos que habitan todas las latitudes y profundidades<sup>382</sup>, sin embargo, se conocen algunas especies de hidroides que pueden vivir en agua dulce<sup>383</sup>.

En estos organismos se pueden diferenciar tejidos pero no órganos definidos, a excepción del sistema reproductor<sup>384</sup>. Al igual que las esponjas, los cnidarios carecen de órganos respiratorios, circulatorios y excretorios, tampoco poseen cerebro o sistema nervioso, pero un conjunto de células nerviosas es capaz de dar sensibilidad al animal; y aunque no presentan músculos definidos, las células musculares de estos organismos (consideradas las más primitivas del reino animal)<sup>385</sup> son capaces de dar cierto movimiento al espécimen<sup>386</sup>.

**6.3.2 Morfología.** El cuerpo de los cnidarios está compuesto por una cavidad central llamada celenterón, en donde se llevan a cabo las funciones digestivas del organismo. Esta cavidad está cubierta a su vez por una pared celular formada en la parte exterior por la epidermis y en la parte interior por la gastrodermis,

---

<sup>381</sup> Daly, M., Brugler, M., Cartwright, P., Collins, A., Dawson, M., Fautin, D.,...Stake, J. The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa*, 1668, 127- 182. 2007

<sup>382</sup> Segura, L., & Rodríguez, R. E. Cnidaria. En M. F. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de organización en animales* (pp. 62-82). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

<sup>383</sup> Cairns, S. D., & Fautin, D. Cnidaria: Introduction. En D. L. Felder & S. A. Earle (Eds.), *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota: Biodiversity* (pp. 315-318). USA: Texas A&M University Press. 2009

<sup>384</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>385</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>386</sup> Moore, J. *An Introduction to the Invertebrates* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2006

separadas entre sí por una sustancia gelatinosa conocida como mesoglea<sup>387, 388, 389</sup> (Figura 5.1).

El celenterón se comunica con el exterior por medio de una abertura principal que hace de boca y ano<sup>390</sup> y que está rodeada por una serie de tentáculos que consisten en extensiones huecas del celenterón<sup>391</sup>. Los tentáculos no poseen cilios pero la defensa y captura de alimentos se lleva a cabo gracias a la acción de los cnidoblastos o cnidocitos, células especializadas ubicadas en la epidermis que disponen de estructuras intracelulares en forma de cápsulas conocidas como cnidocistos y que son la característica principal de filo<sup>392, 393</sup> (Figura 5.1).

Los cnidocistos pueden dividirse en nematocistos (más frecuentes), espirocistos y picocistos<sup>394, 395, 396</sup>. Los nematocistos son una de las estructuras de secreción intracelular más complejas del reino animal, poseen una cápsula gruesa que contiene toxinas y un filamento enrollado; por otro lado, los espirocistos son característicos de las anémonas, carecen de espinas y se encargan de entrelazar a las presas, mientras que los picocistos tienen una función adhesiva<sup>397</sup>.

---

<sup>387</sup> Bigger, C. H., & Hildeman, W. H. Cellular Defense Systems of the Coelenterata. En N. Cohen & M. Sigel (Eds.), *Phylogeny and Ontogeny*. New York: Plenum Press. 1982

<sup>388</sup> Fish, & Fish, Op. Cit.

<sup>389</sup> Calver, M., Lymbery, A., McComb, J., & Bamford, M. *Environmental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 2009

<sup>390</sup> Slobodkin, L. B., & Bossert, P. E. Cnidaria. En J. H. Thorp & A. P. Covich (Eds.), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (pp. 125-142). London: Elsevier Inc. 2010

<sup>391</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>392</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>393</sup> Cairns, & Fautin, Op. Cit.

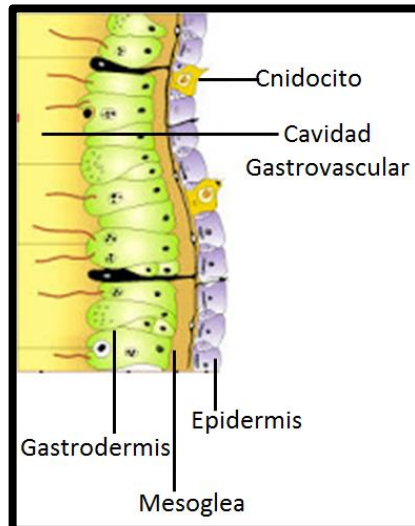
<sup>394</sup> Östman, C. A guideline to nematocyst nomenclature and classification, and some notes on the systematic value of nematocysts. *Scientia Marina*, 64 (1), 31-46. 2000

<sup>395</sup> Cannon, Q., & Wagner, E. Comparison of Discharge Mechanisms of Cnidarian Cnidae and Myxozoan Polar Capsules. *Reviews in Fisheries Science*, 11 (3), 185-219. 2003

<sup>396</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

<sup>397</sup> Segura, & Rodríguez, Cnidaria, Fernández-Álamo & Rivas Op. Cit.

**Figura 5.1. Ilustración de la pared celular de los cnidarios.**



Fuente: Anatomía. Recuperado de <http://cnidariosbiologia.blogspot.com.co/p/anatomia.html>

Los cnidarios cuentan con células especializadas en su cuerpo que realizan diversas funciones como la movilidad, expulsión de sustancias no digeribles y activación de los tentáculos, además, poseen un esqueleto (interno o externo) que da soporte al pólipo y que puede ser de naturaleza quitinosa, córnea o calcárea<sup>398</sup>.

**6.3.3 Alimentación.** Son animales carnívoros, los cnidarios más pequeños se alimentan de crustáceos planctónicos y los más grandes pueden llegar a consumir peces pequeños<sup>399</sup>, se conocen muy pocos organismos de este filo que se alimenten por suspensión<sup>400</sup>.

Los cnidocistos ubicados en los tentáculos son los responsables de que estos organismos puedan ser predadores carnívoros y comer incluso animales más

<sup>398</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>399</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>400</sup> Fish, & Fish, Op. Cit.

grandes que ellos<sup>401</sup>. Los nematocistos contienen un hilo o filamento enrollado que es expulsado por medio de estímulos químicos y mecánicos detectados por el cnidocilio<sup>402</sup>,<sup>403</sup>,<sup>404</sup> para inyectar toxinas paralizantes a la presa<sup>405</sup> (Figura 5.2). Después, los tentáculos llevan la comida hasta la boca para posteriormente introducirla en la cavidad gastrovascular y comenzar el proceso digestivo<sup>406</sup> que cuenta con una primera etapa extracelular y una segunda fase totalmente intracelular, en donde vacuolas encargadas de la digestión hacen que el alimento llegue a otras células y al cuerpo completo del animal por medio de difusión<sup>407</sup>.

Aquellos cnidarios que no producen toxinas utilizan sus tentáculos para estrangular presas pequeñas o utilizan sus cnidocistos con características adhesivas para facilitar la captura de alimento<sup>408</sup>.

---

<sup>401</sup> Moore, Op. Cit.

<sup>402</sup> Pantin, C. F. A. The Excitation of Nematocysts. *Journal of Experimental Biology*, 19, 294-310. 1942

<sup>403</sup> Jurd, R. D. *Instant Notes: Animal Biology* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: BIOS Scientific Publishers. 2004

<sup>404</sup> Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, G. *Invitación a la biología* (6<sup>a</sup> ed. en español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

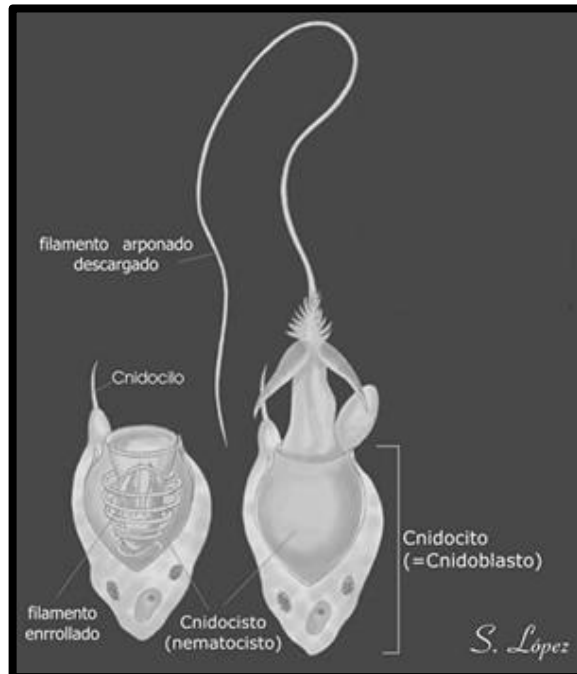
<sup>405</sup> Kriska, G. *Freshwater Invertebrates in Central Europe: A Field Guide*. New York: Springer-Verlag Wien. 2014

<sup>406</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>407</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>408</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

**Figura 5.2. Funcionamiento de los cnidocitos.**



Fuente: S. López. Disponible en: [http://www.mundodeestrellas.es/opencms/Familias/mi\\_salud/Salud\\_y/ambiente/medusas/03.medusas](http://www.mundodeestrellas.es/opencms/Familias/mi_salud/Salud_y/ambiente/medusas/03.medusas)

**6.3.4 Modo de vida.** Los cnidarios pueden presentar diversos estilos de vida ya que el polimorfismo es una de sus principales características<sup>409</sup>, por lo cual, algunos pueden tener un modo de vida sésil (la gran mayoría), otros pueden desplazarse un poco por el sustrato y algunos pueden llegar a ser planctónicos o nectónicos<sup>410</sup>.

En general, el cuerpo de estos animales puede estar anclado al sustrato por la parte opuesta a la boca (forma de pólipos) o puede presentar un estado libre con posición invertida llamada medusa<sup>411</sup>, <sup>412</sup>, <sup>413</sup> (Figura 5.3).

<sup>409</sup> Fish, & Fish, Op. Cit.

<sup>410</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>411</sup> Olsen, B. D. Understanding Biology through Evolution (4<sup>th</sup> ed.). Raleigh, North Carolina: Lulu Press, Inc. 2009

<sup>412</sup> Starr, Taggart, Evers, & Starr, 2013, Op. Cit.

<sup>413</sup> Kriska, Op. Cit.

Los pólipos son formas cilíndricas con un disco basal que se adhieren al sustrato por el extremo aboral del cuerpo<sup>414</sup>. Cuentan con un esqueleto hidrostático relleno interiormente de agua y soportado por paredes musculares, algunos cnidarios pueden incorporar fragmentos de conchas en sus paredes para dar mayor soporte al pólipo. Ocurren en todas las clases de cnidarios, tienen menos estructuras sensoriales que las medusas, tienden a ser mucho más diversos que estas últimas y sus movimientos se limitan a la contracción y extensión<sup>415</sup>.

Por otro lado, la medusa es una versión boca abajo del pólipo, se mueve en la columna de agua siguiendo la corriente en una serie de movimientos pasivos y con ayuda de contracciones de su cuerpo<sup>416,417</sup>. Poseen desde una flexible y delgada mesoglea hasta una gruesa y fibrosa mesénquima que en algunas medusas puede ser cartilaginosa. A diferencia de los pólipos, cuya pared gastrodermal es prominente e importante, en las medusas predomina la epidermis<sup>418</sup>.

---

<sup>414</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

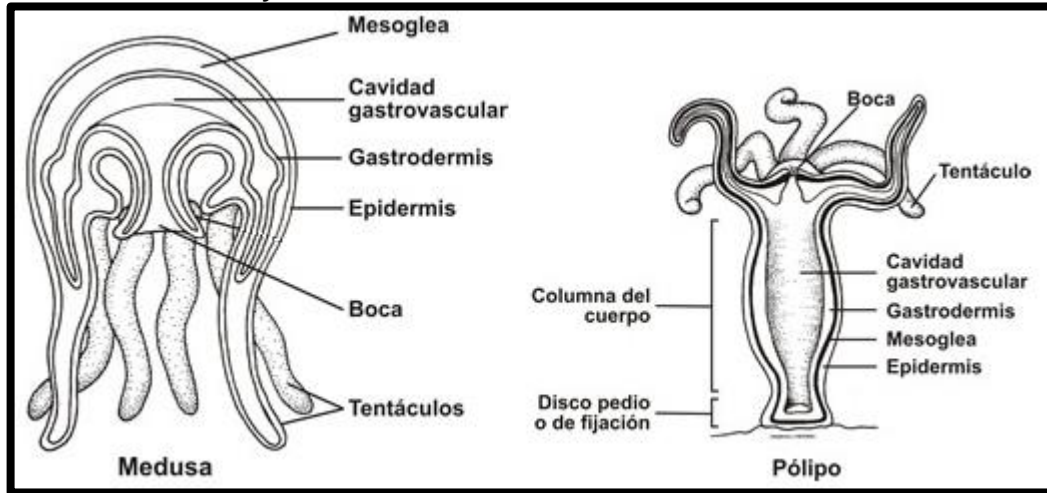
<sup>415</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>416</sup> Audesirk, Audesirk, & Byers, Op. Cit.

<sup>417</sup> Olsen, Op. Cit.

<sup>418</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

Figura 5.3. Polimorfismo y modo de vida de los cnidarios.



Fuente: Características generales de los Cnidarios. en <http://www.asturnatura.com/articulos/cnidarios/general.php>

**6.3.5 Reproducción y crecimiento de colonias.** La mayoría de especies presentan reproducción sexual y asexual<sup>419, 420</sup>. Las colonias empiezan a formarse cuando una larva planctónica formada previamente, llamada plánula, se asienta sobre una superficie dura. Inmediatamente después, la larva sufre una metamorfosis para dar origen a un pólipo que se divide repetidamente por medio de reproducción asexual para formar la colonia. En temporada de apareamiento los pólipos liberan óvulos y espermatozoides en el agua que al unirse dan origen a las plánulas ya mencionadas para continuar el ciclo<sup>421, 422, 423</sup> (Figura 5.4).

<sup>419</sup> Fish, & Fish, Op. Cit.

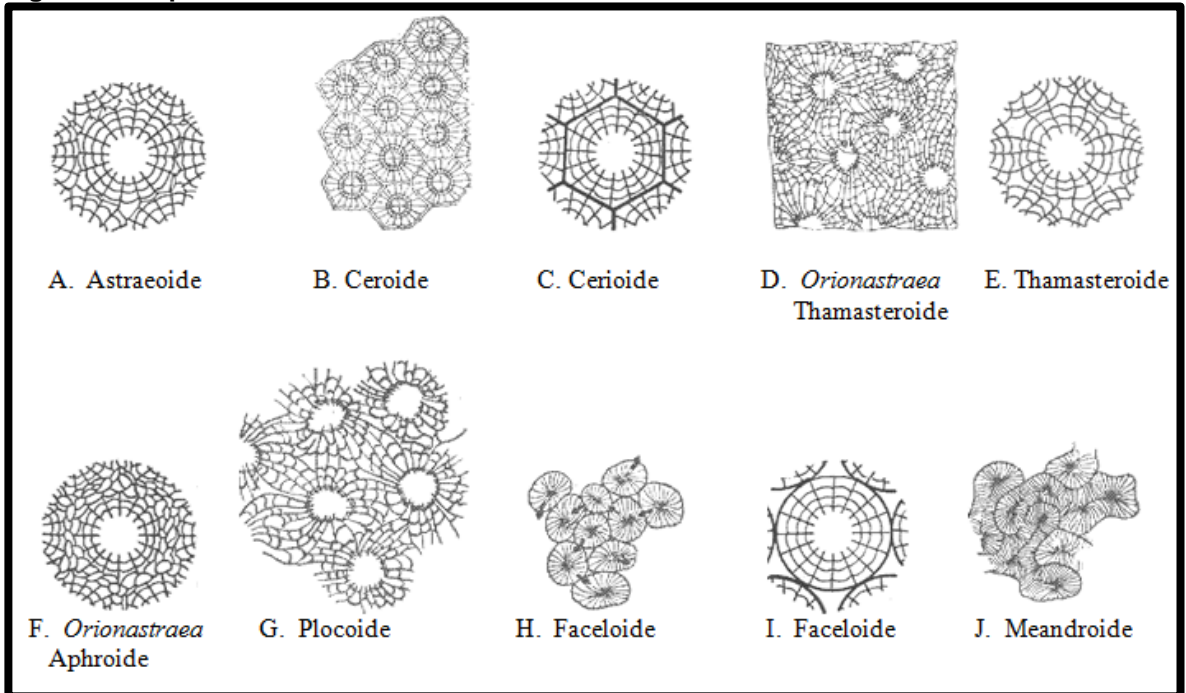
<sup>420</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>421</sup> Jurd, Op. Cit.

<sup>422</sup> Strickberger, M. W. Evolution (3<sup>rd</sup> ed.). London: Jones & Bartlett Publishers. 2007

<sup>423</sup> Hall, B. K., & Hallgrímsson, B. Strickberger's Evolution (4<sup>th</sup> ed.). London: Jones & Bartlett Publishers. 2008

**Figura 5.4. Tipos de estructuras en cnidarios coloniales.**



Fuente: Modificado de Clarkson, 1979; Meléndez, 1977 y Shrock, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

### 6.3.6 Clasificación. Subphylum Anthozoa:

- Clase Anthozoa: Son cnidarios exclusivamente marinos que tienen un esqueleto calcáreo bastante resistente<sup>424</sup>. En esta clase se incluyen las anemonas y gran variedad de corales; sus características principales son la presencia de pólipos con divisiones verticales (mesenterios) en el celenterón, no tienen una forma libre o medusa<sup>425</sup> y presentan una musculatura muy desarrollada que permite a algunas anemonas arrastrarse un poco por el sustrato utilizando un pie muscular mientras que otras puedan llegar a desplazarse más utilizando sus tentáculos<sup>426</sup>. La mayoría de antozoos son coloniales y sus pólipos están conectados entre sí por un tejido llamado colénquima, el cual consiste en una mesoglea penetrada por canales de la gastrodermis que contiene escleritos,

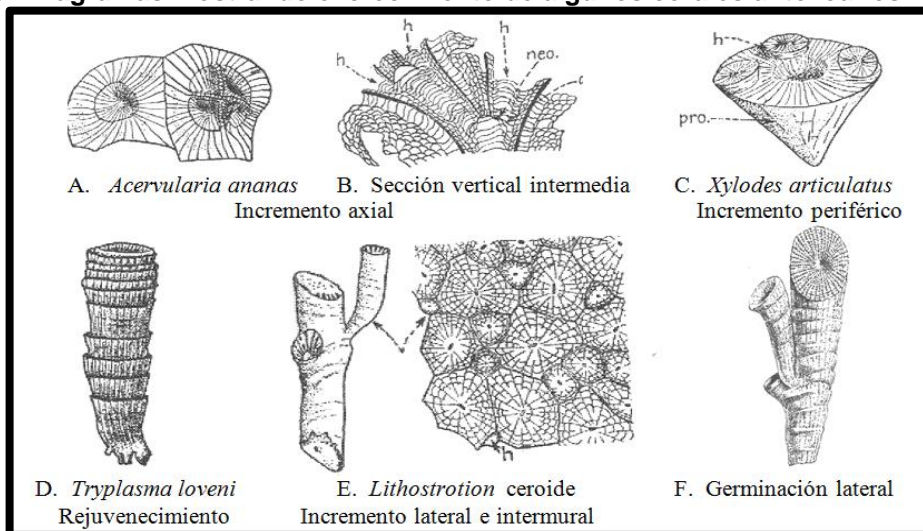
<sup>424</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

<sup>425</sup> Moore, Op. Cit.

<sup>426</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

espículas mineralizadas microscópicas de sílice o de carbonato de calcio. Su proliferación se puede dar mediante budding, fisión o laceración (Figura 5.5). Algunos son hermafroditas, otros gonocócicos y otros pueden cambiar su modo de reproducción en el transcurso de su vida<sup>427</sup>.

**Figura 5.5. Diagramas mostrando el crecimiento de algunos corales antozoarios.**



Fuente: Shrock, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

Se subdividen en dos clases: Octocorallia (también llamada Alcyonaria) y Hexacorallia (Zoantharia) debido a que poseen ocho y seis mesenterios y tentáculos respectivamente.

- Subclase Octocorallia o Alcyonaria: Son cnidarios sésiles con ocho tentáculos pinnados y ocho mesenterios<sup>428</sup>. La mayoría de especies tienen una estructura esquelética de carbonato de calcio y son generalmente monomórficos, es decir, que presentan un solo tipo de pólipo (autozooide); aunque pueden también presentarse cnidarios dimórficos con un segundo tipo de pólipo llamado

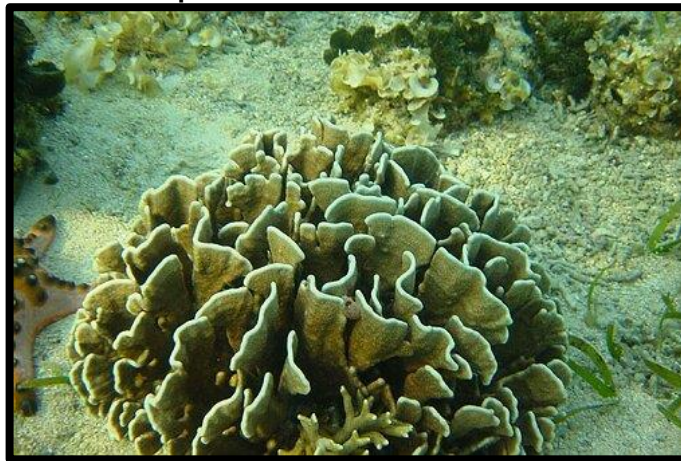
<sup>427</sup> Häussermann, V., & van Ofwegen, L. Class Anthozoa – Anthozoans. En V. Häussermann & G. Försterra (Eds.), Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia (pp. 174-176). Puerto Montt: Nature in Focus. 2009

<sup>428</sup> Moore, Op. Cit.

sifonozooide, el cual tiene un tentáculo o puede no poseer ninguno. En los octocorales el pólipo tiene una estructura predominantemente tabular y las estructuras reproductivas están separadas como masculinas o femeninas en la mayoría de ejemplares, sin embargo, algunas especies son hermafroditas<sup>429</sup>.

- Orden Helioporacea: Conocidos como corales azules. Aparecieron en el Cretácico y son los únicos octocorales que secretan un esqueleto masivo y duro de aragonito (Figura 5.6).

**Figura 5.6. Fotografía de un helioporceo actual.**



Fuente: Helioporaceo. Recuperado de <http://sulawesi.biologie.sous-marine.pagesperso-orange.fr/HELIOPORACEA/previewpages/previewpage1.html>

- Orden Alcyonacea: Incluye los corales blandos y las gorgonias. Se caracterizan por su estructura colonial en forma de abanico (Figura 5.7).
- Orden Pennatulacea: Plumas de mar. Son los octocorales más avanzados en cuanto a la complejidad de sus colonias y especialización de sus pólipos<sup>430</sup> y

<sup>429</sup> Van Ofwegen, L., Breedy, O., & Cairns, S. Octocorallia – Octocorals. En V. Häussermann & G. Försterra (Eds.), *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia* (pp. 177-209). Puerto Montt: Nature in Focus. 2009

<sup>430</sup> Dolan, E., Tyler, P. A., Yesson, C., & Rogers, A. D. Phylogeny and systematics of deep-sea sea pens (Anthozoa: Octocorallia: Pennatulacea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69, 610-618. 2013

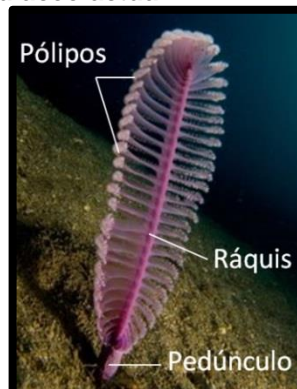
porque son los únicos que poseen un pedúnculo muscular que ancla la colonia incluso en sustratos blandos<sup>431</sup>, <sup>432</sup> (Figura 5.8).

**Figura 5.7. Gorgonia actual, perteneciente al orden Alcyonaria.**



Fuente: La gorgonia roja, un organismo clave para mejorar la gestión y conservación en las reservas marinas. Recuperado de [http://www.ub.edu/web/ub/es/menu\\_eines/noticias/2015/06/010.html](http://www.ub.edu/web/ub/es/menu_eines/noticias/2015/06/010.html)

**Figura 5.8. Fotografía de un penatulaceo actual.**



Fuente: Autor.

- Subclase Hexacorallia o Zoantharia: Presentan seis o doce mesenterios y un número variable de tentáculos. Los zoantarios incluyen algunas anemonas y los corales constructores de arrecifes<sup>433</sup>.

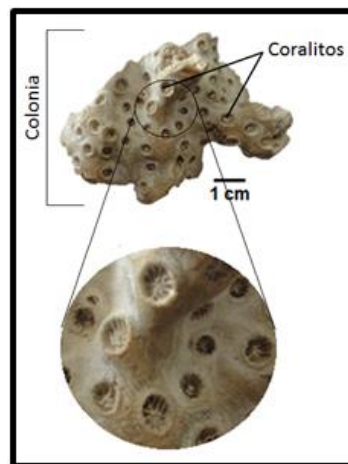
<sup>431</sup> Häussermann, & van Ofwegen, Op. Cit.

<sup>432</sup> Dolan, Tyler, Yesson, & Rogers, D. Op. Cit.

<sup>433</sup> Moore, Op. Cit.

- Orden Actinaria: Anemonas de mar. Son pólipos solitarios con tentáculos no pinnados<sup>434, 435</sup>.
- Orden Scleractinia: Fueron cnidarios del Mesozoico y Cenozoico, de ambientes exclusivamente marinos y caracterizados por tener un esqueleto calcáreo aragonítico bastante resistente. En este orden se incluyen los corales verdaderos o corales duros. El esqueleto individual de cada pólipo se denomina coralito y el número de septos es múltiplo de seis<sup>436, 437</sup> (Figura 5.9).

**Figura 5.9. Fotografía de un cnidario del orden Scleractinia.**



Fuente: Autor, muestra P-168 bandeja N° 5 del laboratorio.

- Orden Corallimorpharia: Conocidas también como anemonas joya. Tienden a ser organismos bastante solitarios que carecen de esqueleto. Su identificación es difícil porque tiene características en común con los Scleractinios y Actinarios<sup>438, 439</sup>.

<sup>434</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

<sup>435</sup> Häussermann, & Van Ofwegen, Op. Cit.

<sup>436</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

<sup>437</sup> Häussermann, & Van Ofwegen, Op. Cit.

<sup>438</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

- Orden Anthipatharia: Incluye los corales negros. Son Antozoos coloniales caracterizados por tener un esqueleto proteínico secretado por un tejido epitelial del pólipo<sup>440, 441</sup>.
- Orden Zoanthidia: Anemonas incrustantes que forman colonias de pólipos blandos clonados, cada uno con dos hileras de tentáculos marginales. Tienen un modo de vida colonial<sup>442</sup>.
- Orden Ceriantharia: Conocidos como anemonas tubo. En este orden, los cnidarios muestran pólipos solitarios elongados y poseen un tipo único de cnidocisto llamado picocisto<sup>443, 444</sup>.
- Orden Tabulata: Es un grupo extinto de cnidarios que aparecieron en el Paleozoico, más específicamente durante el Ordovícico temprano al Pérmico y que dominaron los mares de la época junto a los especímenes del orden Scleractinia y Rugosa. Son organismos coloniales que consisten en tubos delgados de corales. Reciben este nombre porque las particiones horizontales o tábulas, están bien desarrolladas, mientras que los septos tienen a ser escasos o nulos. Característicos de aguas poco profundas<sup>445</sup>.

Se destacan los géneros Favosites (Ordovícico-Devónico), Aulopora (Devónico), Chaetetes (Ordovícico-Pérmico) y Hallysites (Ordovícico-Silúrico) (Figura 5.10).

---

<sup>439</sup> Häussermann, & Van Ofwegen, Op. Cit.

<sup>440</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

<sup>441</sup> Häussermann, & Van Ofwegen, Op. Cit.

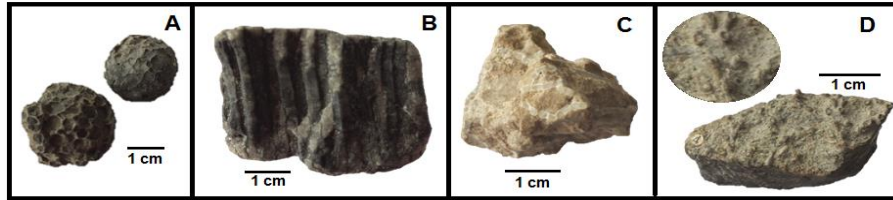
<sup>442</sup> Sinniger, F., Montoya-Burgos, J. I., Chevaldonné, P., & Pawlowski, J. Phylogeny of the order Zoantharia (Anthozoa, Hexacorallia) based on the mitochondrial ribosomal genes. *Marine Biology*, 147, 1121-1128. 2005

<sup>443</sup> Daly, Brugler, Cartwright, Collins, Dawson, Fautin, Stake, Op. Cit.

<sup>444</sup> Häussermann, & Van Ofwegen, Op. Cit.

<sup>445</sup> Veron, J. E. N. Corals and Corals Reefs. En V. Gornitz (Ed.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments* (pp. 198-206). The Netherlands: Springer Science & Business Media B.V. 2009

**Figura 5.10. Fotografía de los géneros más representativos del orden Tabulata. (A) *Favosites*, caracterizado por el conjunto de coralitos poligonales; (B) *Chaetetes*, coralitos tabulares muy cercanos entre sí; (C) *Hallysites*, con coralitos tubiformes que forman los eslabones de lo que parece una cadena; (D) *Aulopora*, coralitos en forma de corneta.**



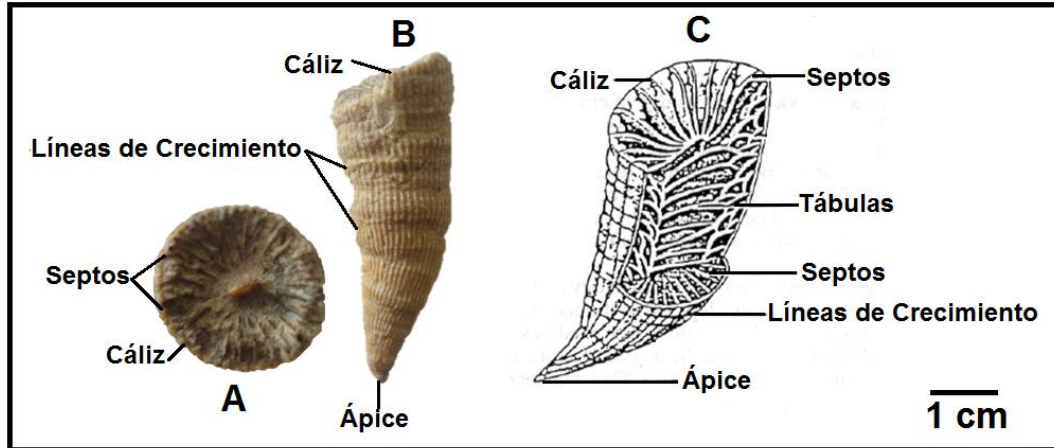
Fuente: Autor, muestras P-165, P-166, P-169 y P-164 del laboratorio.

- Orden Rugosa: Cnidarios que aparecieron en el Ordovícico y se extinguieron durante el Pérmico. Los organismos de este orden pueden ser solitarios, con forma de cuerno curvo sobre sustratos blandos, o formar colonias en las que un solo esqueleto (coralito) es producido por la actividad de numerosos pólipos adyacentes. El hábito de la colonia puede ser influenciado por el ambiente; sin embargo, la morfología y relaciones entre coralitos están definidas genéticamente. Su esqueleto muestra particiones radiales (septos) que se insertan cíclicamente de forma sucesiva y particiones horizontales o tábulas (Figura 5.11 y Figura 5.12). Una característica distintiva de este orden, es que el número de septos es múltiplo de cuatro, por lo que también reciben el nombre de tetracoralios<sup>446, 447</sup>.

<sup>446</sup> EQUIPO. Diccionario de Ciencia de la Tierra. España: Editorial Complutense. 2000

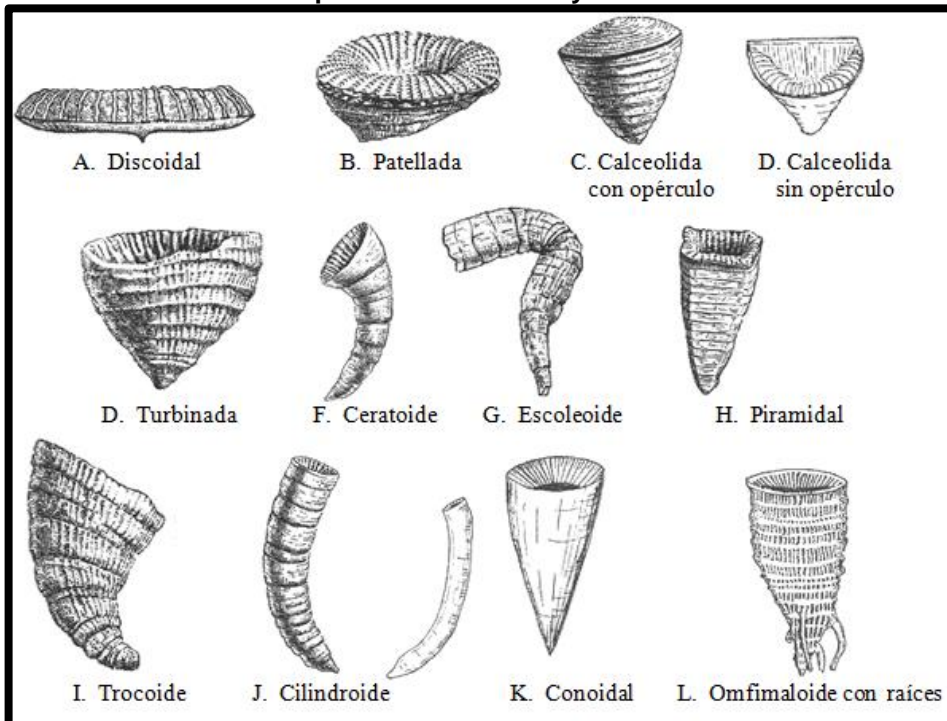
<sup>447</sup> Clarkson, Op. Cit.

Figura 5.11. Morfología externa e interna de un cnidario rugoso del género *Heliophylum*. (A) Vista superior del ejemplar, en donde se detallan los septos visibles en el cáliz; (B) Vista lateral del fósil en donde pueden observarse las estructuras externas como cáliz, líneas de crecimiento y ápice; (C) Representación del corte transversal del cnidario, se observan las tábulas internas del organismo.



Fuente: Interesting Horn Corals. Modificado de <https://fossilady.wordpress.com/tag/horn-coral/>

Figura 5.12. Diversas formas simples de antozoarios y tetracoralios.



Fuente: Modificado de Shrock & Twenhofel, 1953 y Piveteau, 1952 en Cruz-Guevara, 1997.

## Subphylum medusozoa

- Clase Scyphozoa: Representados por medusas de gran tamaño que se encuentran entre los invertebrados marinos más grandes y solitarios; la mesoglea de estas medusas es particularmente gruesa para dar mayor soporte corporal. Por otro lado, ha sido constante tema de controversia el incluir a los Conularios en esta clase, ya que son organismos extintos caracterizados por tener una concha cónica puntiaguda de forma piramidal invertida, en cuya parte más ancha aloja a un pólipo con tentáculos, mientras que en la parte inferior, presentaban un pie musculoso que les permitía aferrarse al sustrato (Figura 5.13). Hoy en día la sistemática y relaciones filogenéticas de estos organismos siguen siendo poco entendidas y muchos autores consideran que hacen parte de la fauna ediacara, sin embargo, por la presencia del pólipo, los tentáculos y el pie, se consideran más cercanos con los cnidarios<sup>448, 449</sup>.

**Figura 5.13. Fotografía del fósil y reconstrucción de la posición en vida de un Conulario.**



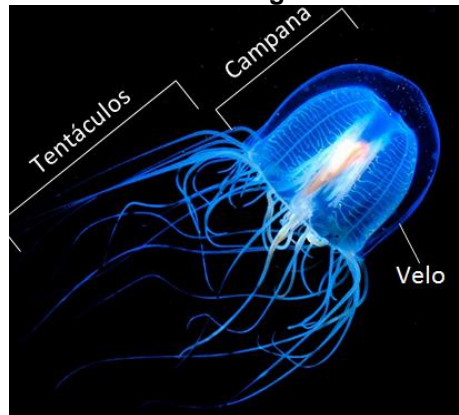
Fuente: Sponges and Cnidarians. Recuperado de <https://www.studyblue.com/notes/n/sponges-and-cnidarians/deck/6221446>

<sup>448</sup> Moore, Op. Cit.

<sup>449</sup> Gasca, R., & Loman-Ramos, L. Biodiversidad de Medusozoa (Cubozoa, Scyphozoa e Hydrozoa) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85, 154-163. 2014

- Clase Cubozoa: Al igual que los Scyphozoa, los especímenes de esta clase son muy solitarios. Son predominantemente medusas que habitan mares tropicales y que se diferencian de los Scyphozoa en que presentan un velo que los cubre y en que poseen una visión desarrollada. En estos organismos, la forma de pólipo se restringe a una pequeña etapa de su ciclo de vida<sup>450, 451</sup> (Figura 5.14).

**Figura 5.14. Fotografía de un cubozoo actual del género *Carukia Barnesi*,**



Fuente: Cnidaria. Modificado de <https://sites.google.com/site/cnidariaproject2014/home/cubozoa/types-of-cubozoa>

- Clase Hydrozoa: Pueden presentar forma de pólipo o medusa, en el primer caso, los pólipos son pequeños y no presentan mesenterios en el celenterón, mientras que la medusa puede o no poseer velo<sup>452, 453</sup> (Figura 5.15).

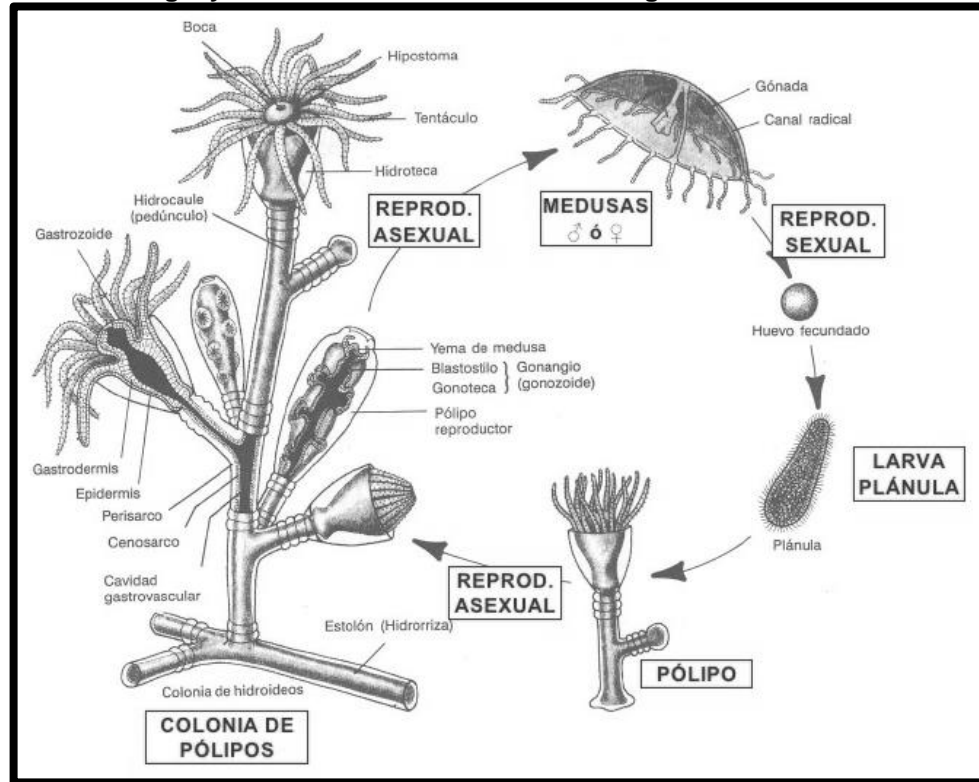
<sup>450</sup> Moore, Op. Cit.

<sup>451</sup> de Oliveira, M., Carrara, A., Matthews, H. Neritic Jellyfishes (Cnidaria: Cubozoa and Scyphozoa) from the coast of Rio Grande do Norte state, northeast of Brazil. Check List, 5 (1), 133-138. 2009

<sup>452</sup> Moore, Op. Cit.

<sup>453</sup> Gasca, R., & Loman-Ramos, L. Biodiversidad de Medusozoa (Cubozoa, Scyphozoa e Hydrozoa) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85, 154-163. 2014

Figura 5.15. Morfología y ciclo de vida de un hidrozoo del género *obelia*.



Fuente: <http://palaeos.com/metazoa/cnidaria/hydrozoa.htm>

**6.3.7 importancia del registro fósil.** El registro fósil de este filo se conoce desde el Precámbrico<sup>454</sup> y aunque los cnidarios son abundantes en casi todos los medios acuáticos, estos especímenes solo han podido preservarse en rocas marinas; sin embargo, debido a que muchos de estos organismos no poseen esqueleto o a que este se desintegra fácilmente, el registro fósil es muy desigual<sup>455</sup>.

Los cnidarios son de interés paleontológico porque revelan muchas más características sobre los ambientes marinos del Mesozoico y Cenozoico que

<sup>454</sup> Segura, & Rodríguez, Cnidaria, Fernández-Álamo & Rivas Op. Cit.

<sup>455</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

cualquier otro grupo de invertebrados<sup>456</sup>, además, son importantes para identificar rocas de medios arrecifales que datan desde el Paleozoico<sup>457</sup>.

Los Antozoos tienen cierta importancia paleontológica sobre las otras clases de cnidarios pues estos organismos son muy comunes en ciertos periodos geológicos y revelan aspectos paleontológicos importantes de vida pasada<sup>458</sup>. Los fósiles más importantes son los de la clase Zoantharia debido a que su esqueleto calcáreo masivo logra conservarse bien en rocas del Cámbrico hasta el Holoceno<sup>459</sup>. En el Paleozoico el orden Rugosa y Tabulata fueron muy numerosos y su importancia radica en el abundante registro fósil que han dejado debido a la composición calcárea de sus esqueletos, a diferencia de los Scleractinios, cuyo registro fósil es pobre debido a que su esqueleto de aragonito es destruido durante la diagénesis<sup>460</sup>.

## 6.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS

### Trabajo Individual

Escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°5 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio y realice el mismo procedimiento para la mayor cantidad de especímenes de colección que se incluyen en este laboratorio. Trate de estudiar ejemplares morfológicamente diferentes entre sí. Junto con cada muestra se encuentra su correspondiente información taxonómica.

---

<sup>456</sup> Veron, J. Overview of the taxonomy of zooxanthellate Scleractinia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 169, 485-508. 2013

<sup>457</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>458</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>459</sup> Braga, Fernández, García, Méndez, Moreno, & Perejón, Op. Cit.

<sup>460</sup> Veron, 2009, Op. Cit.

- Fase de observación

Detalle y observe las siguientes características del ejemplar:

- 1) ¿La muestra corresponde a una colonia de organismos o a un ejemplar solitario?
- 2) ¿Qué forma tiene el individuo o la colonia según el caso?
- 3) ¿Qué grado de conservación presenta el fósil?

- Fase de descripción

Realice un dibujo del fósil seleccionado en donde indique todas las características morfológicas identificadas y los detalles del fósil, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible; recuerde dibujar diferentes vistas del ejemplar para precisar mejor todas las estructuras que conforman la muestra. Posteriormente, realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

- 1) Identifique las características morfológicas del ejemplar estudiado teniendo en cuenta la clasificación taxonómica a la que corresponde ¿Se preservan todos los aspectos característicos del orden?
- 2) Indique el modo de vida del espécimen teniendo en cuenta la morfología del individuo o la colonia.

### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros.

Respondan las siguientes preguntas

- 1) ¿Por qué el mayor registro fósil de cnidarios se ha encontrado en rocas marinas y no en litologías de otros medios acuáticos, en donde también proliferaron?
- 2) ¿Qué adaptaciones morfológicas deben presentar los cnidarios que lograron colonizar el medio dulceacuícola en comparación con aquellos que viven en el medio marino, tanto en zonas someras como a grandes profundidades?
- 3) Teniendo en cuenta que algunas especies de cnidarios pertenecientes al orden Rugosa tuvieron un modo de vida solitario mientras que otras se desarrollaron en colonias ¿Esperaría que en alguno de los dos casos haya existido mayor éxito evolutivo?, si es así, ¿Por qué ambos se extinguieron durante el Pérmico?
- 4) ¿Cree que la naturaleza quitinosa, cornea o calcárea del esqueleto de los cnidarios está condicionada genéticamente o responde a la naturaleza del medio en que se desarrolla el espécimen y a los factores físico-químicos con los que interacciona?

## 6.5 BIBLIOGRAFÍA

Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. E. *Biología: la vida en la tierra* (6ª ed.). México: Pearson Education, S.A. 2003

Bigger, C. H., & Hildeman, W. H. Cellular Defense Systems of the Coelenterata. En N. Cohen & M. Sigel (Eds.), *Phylogeny and Ontogeny*. New York: Plenum Press. 1982

Braga, J. C., Fernández, E., García, D., Méndez, I., Moreno, E., Perejón, A. Cnidarios (filo Cnidaria). En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.),

*Paleontología de Invertebrados* (pp. 65-107). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

Cairns, S. D., & Fautin, D. Cnidaria: Introduction. En D. L. Felder & S. A. Earle (Eds.), *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota: Biodiversity* (pp. 315-318). USA: Texas A&M University Press. 2009

Calver, M., Lymbery, A., McComb, J., & Bamford, M. *Environmental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 2009

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Cannon, Q., & Wagner, E. Comparison of Discharge Mechanisms of Cnidarian Cnidae and Myxozoan Polar Capsules. *Reviews in Fisheries Science*, 11 (3), 185-219. 2003

Clarkson, E. N. K. *Invertebrate Paleontology and Evolution* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

Cruz-Guevara, L. E. *Paleontología de Invertebrados: Guías de laboratorio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología. 1997

Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, G. *Invitación a la biología* (6ª ed. en español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

Daly, M., Brugler, M., Cartwright, P., Collins, A., Dawson, M., Fautin, D.,...Stake, J. The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa*, 1668, 127- 182. 2007

de Oliveira, M., Carrara, A., Matthews, H. Neritic Jellyfishes (Cnidaria: Cubozoa and Scyphozoa) from the coast of Rio Grande do Norte state, northeast of Brazil. *Check List*, 5 (1), 133-138. 2009

Dolan, E., Tyler, P. A., Yesson, C., & Rogers, A. D. Phylogeny and systematics of deep-sea sea pens (Anthozoa: Octocorallia: Pennatulacea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69, 610-618. 2013

EQUIPO. *Diccionario de Ciencia de la Tierra*. España: Editorial Complutense. 2000

Fish, J. D., & Fish, S. *A Student's Guide to the Seashore*. London: Unwin Hyman Ltd. 1989

Gasca, R., & Loman-Ramos, L. Biodiversidad de Medusozoa (Cubozoa, Scyphozoa e Hydrozoa) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85*, 154-163. 2014

Hall, B. K., & Hallgrímsson, B. *Strickberger's Evolution* (4<sup>th</sup> ed.). London: Jones & Bartlett Publishers. 2008

Häussermann, V., & van Ofwegen, L. Class Anthozoa – Anthozoans. En V. Häussermann & G. Försterra (Eds.), *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia* (pp. 174-176). Puerto Montt: Nature in Focus. 2009

Jurd, R. D. *Instant Notes: Animal Biology* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: BIOS Scientific Publishers. 2004

Kriska, G. *Freshwater Invertebrates in Central Europe: A Field Guide*. New York: Springer-Verlag Wien. 2014

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

Moore, J. *An Introduction to the Invertebrates* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2006

Olsen, B. D. *Understanding Biology through Evolution* (4<sup>th</sup> ed.). Raleigh, North Carolina: Lulu Press, Inc. 2009

Östman, C. A guideline to nematocyst nomenclature and classification, and some notes on the systematic value of nematocysts. *Scientia Marina*, 64 (1), 31-46. 2000

Pantin, C. F. A. The Excitation of Nematocysts. *Journal of Experimental Biology*, 19, 294-310. 1942

Segura, L., & Rodríguez, R. E. Cnidaria. En M. F. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de organización en animales* (pp. 62-82). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultas de Ciencias. 2007

Sinniger, F., Montoya-Burgos, J. I., Chevalloné, P., & Pawlowski, J. Phylogeny of the order Zoantharia (Anthozoa, Hexacorallia) based on the mitochondrial ribosomal genes. *Marine Biology*, 147, 1121-1128. 2005

Slobodkin, L. B., & Bossert, P. E. Cnidaria. En J. H. Thorp & A. P. Covich (Eds.), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (pp. 125-142). London: Elsevier Inc. 2010

Starr, C., Taggart, R., Evers, C., & Starr, L. *Biology: The Unity and Diversity of Life* (14<sup>th</sup>ed.). Boston: Cengage Learning. 2013

Strickberger, M. W. *Evolution* (3<sup>rd</sup> ed.). London: Jones & Bartlett Publishers. 2007

Springer, J. T., & Holley, D. *An Introduction to Zoology*. Wall Street: Jones & Bartlett Learning. 2013

Van Ofwegen, L., Breedy, O., & Cairns, S. Octocorallia – Octocorals. En V. Häussermann & G. Försterra (Eds.), *Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia* (pp. 177-209). Puerto Montt: Nature in Focus. 2009

Veron, J. E. N. Corals and Corals Reefs. En V. Gornitz (Ed.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments* (pp. 198-206). The Netherlands: Springer Science & Business Media B.V. 2009

Veron, J. Overview of the taxonomy of zooxanthellate Scleractinia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 169, 485-508. 2013

## **7. LABORATORIO N°6: AGRUPACIÓN DE ESPECIES MEDIANTE CLÚSTER ANÁLISIS (UTILIZANDO PHYLUM BRACHIOPODA)**

### **7.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los braquiópodos para facilitar el reconocimiento en campo de los organismos fósiles pertenecientes a este filo.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su adaptación al medio ambiente en que habitaron.
- Identificar las características morfológicas de los taxones que conforman el filo y su relevancia para los estudios paleontológicos.
- Reconocer la importancia de los braquiópodos para realizar reconstrucciones paleoambientales y paleoecológicas.
- Realizar agrupaciones de especies en categorías mayores mediante el uso del Clúster análisis.

### **7.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandeja N° 6 del laboratorio de paleontología, que incluye muestras fósiles de Braquiópodos.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

Calculadora y Computador

### 7.3 MARCO TEÓRICO

Los braquiópodos son pequeños invertebrados marinos con un cuerpo blando rodeado por una concha constituida por dos valvas inequivalvas<sup>461</sup>,<sup>462</sup> (Figura 6.1). Hacen parte del grupo de lofoforados, son animales sésiles y solitarios que se encuentran en todas las latitudes y profundidades pero son mucho más comunes en zonas de plataforma y talud continental; son en su mayoría epibiontes aunque se conocen algunas especies endobiontes<sup>463</sup>. Viven en fondos arenosos, de gravas o fangos con abundantes partículas bioclásticas y en donde abundan los restos esqueléticos de organismos como corales, moluscos, algas y otros animales sobre los cuales viven<sup>464</sup> (Figura 6.2), además, son más abundantes en zonas de agua fría en donde hay mayores concentraciones de elementos nutritivos disueltos<sup>465</sup>.

---

<sup>461</sup> Shanks, A. L. Brachiopoda. En A. L. Shanks (Ed.), *Identification Guide to Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest* (pp. 267-269). Oregon: Oregon State University Press. 2001

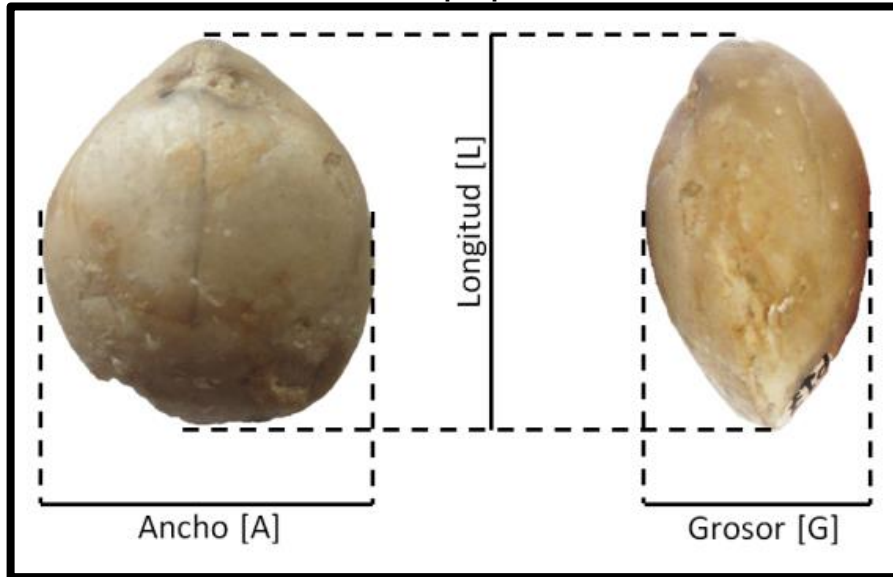
<sup>462</sup> Emig, C. C., Bitner, M. A., & Álvarez, F. *Phylum Brachiopoda*. *Zootaxa*, 3703 (1), 75-78. 2013

<sup>463</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>464</sup> Llompart, C. Braquiópodos del Banco de Chella (Mar de Alborán, Mediterráneo Occidental). *Acta Geológica Hispánica*, 23, 311-319. 1988

<sup>465</sup> Barrientos, Op. Cit.

**Figura 6.1. Mediciones estándares en los braquiópodos.**



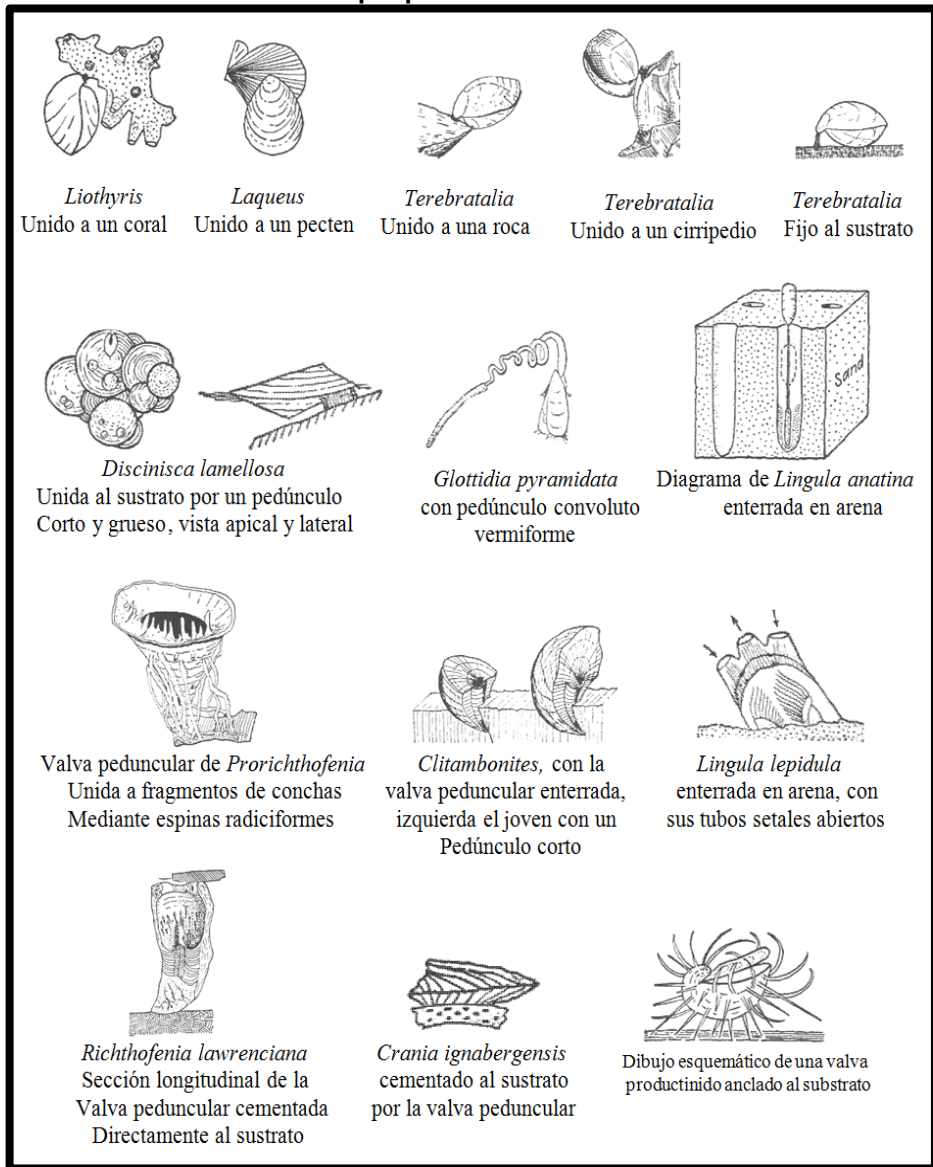
Fuente: Autor, muestra P-17 bandeja N° 7 del laboratorio.

Poseen un tubo digestivo, un sistema nervioso y sensorial poco desarrollado, un sistema circulatorio abierto y carecen de sistema respiratorio, presentan músculos aductores y diductores para la apertura y cierre de las valvas respectivamente y algunas clases tienen estómago y ano<sup>466</sup>,<sup>467</sup> (Figura 6.3).

<sup>466</sup> Ibid.

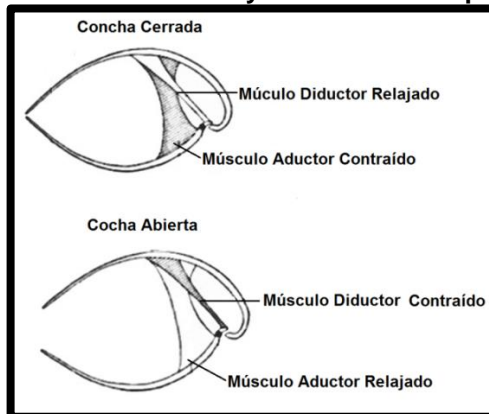
<sup>467</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

Figura 6.2. Modos de vida de los braquiópodos.



Fuente: Modificado de Shrock & Twenhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

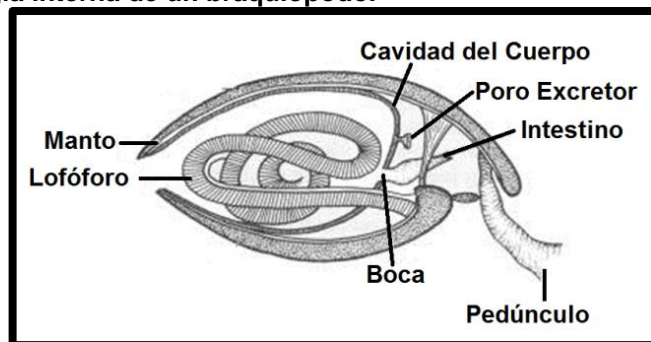
**Figura 6.3. Función de los músculos aductor y diductor en la apertura y cierre de la concha.**



Fuente: Phylum Brachiopoda. Modificado de Boardman et al., 1987 En <http://www.geo.arizona.edu/geo3xx/geo308/FoldersOnServer/2003/4brachiopds.htm>

**7.3.1 Morfología.** El cuerpo de los braquiópodos se compone de tres regiones diferentes: el manto, que secreta la concha; el lofóforo, un tentáculo ciliado, y el pedúnculo, que pasa por una de las valvas y que aferra el braquiópodo al sustrato<sup>468, 469</sup> (Figura 6.4).

**Figura 6.4. Morfología interna de un braquiópodo.**



Fuente: Phylum Brachiopoda. Modificado de Stearn, 1989 En <http://www.geo.arizona.edu/geo3xx/geo308/FoldersOnServer/2003/4brachiopds.htm>

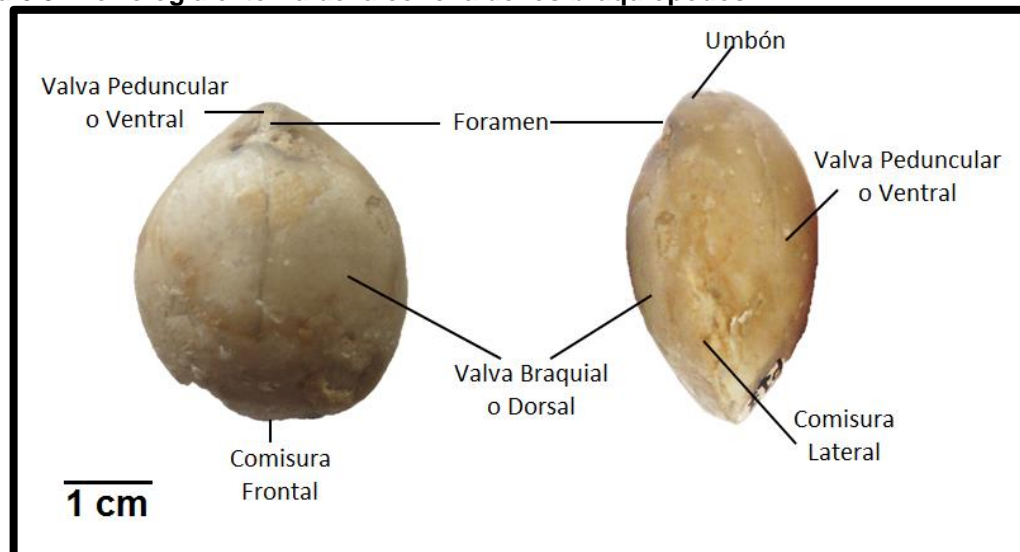
Estos animales segregan dos valvas que difieren en longitud (inequivalvas) y que muestran simetría bilateral, es decir, que existe un plano de simetría que divide

<sup>468</sup> Llompart, Op. Cit.

<sup>469</sup> Shanks, Brachiopoda. En A. L. Shanks Op. Cit.

cada valva en dos partes iguales<sup>470</sup>. La valva ventral (o peduncular) es casi siempre de mayor tamaño, posee un umbón mucho más prominente<sup>471</sup> (Figura 6.5) y presenta una perforación situada hacia la parte posterior llamada foramen (de forma circular) o deltirio (triangular), a través de la cual pasa el pedúnculo, una extensión rígida o flexible del cuerpo que le permite fijarse al sustrato<sup>472</sup> (Figura 6.6 y Figura 6.7). Por otro lado, la valva dorsal (o braquial) tiene fijo el braquidio, una estructura esquelética que sostiene el lofóforo<sup>473, 474</sup> y una estructura en la parte posterior llamada cardinal (Clarkson, 2009) (Figura 6.8). Las valvas al cerrarse se ajustan perfectamente por la comisura que se ubica en la parte anterior (Figura 6.9).

**Figura 6.5. Morfología externa de la concha de los braquiópodos.**



Fuente: Autor, muestra P-17 bandeja N° 7 del laboratorio.

<sup>470</sup> Álvarez, F., Emig, C. C., Roldán, C., & Viéitez, J. M. Lophophorata: Phoronida, Brachiopoda. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales & Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2005

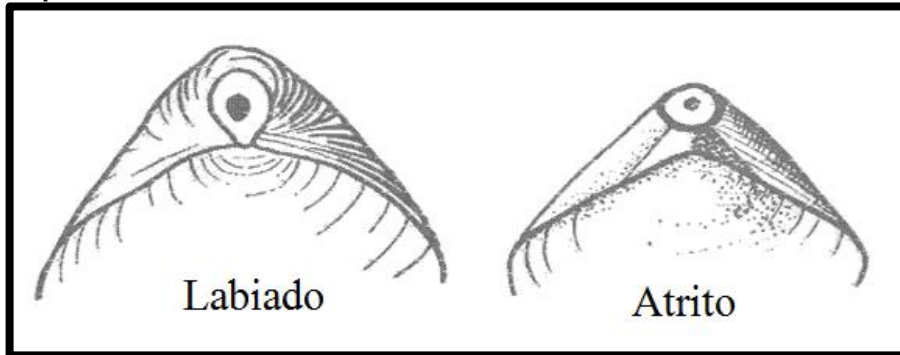
<sup>471</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>472</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>473</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

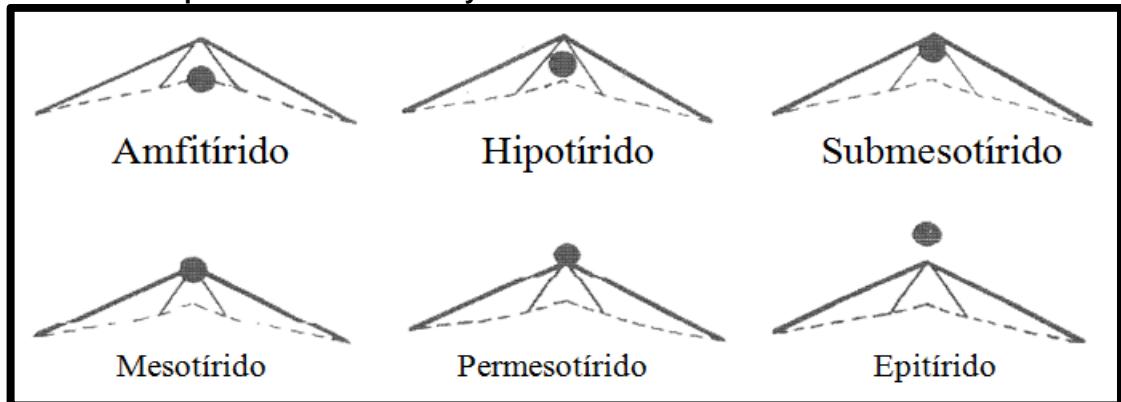
<sup>474</sup> Fernández-Álamo, & Rivas, Bivalvos. En M. A. Fernández-Álamo & Rivas Op. Cit.

Figura 6.6. Tipo de foramen.



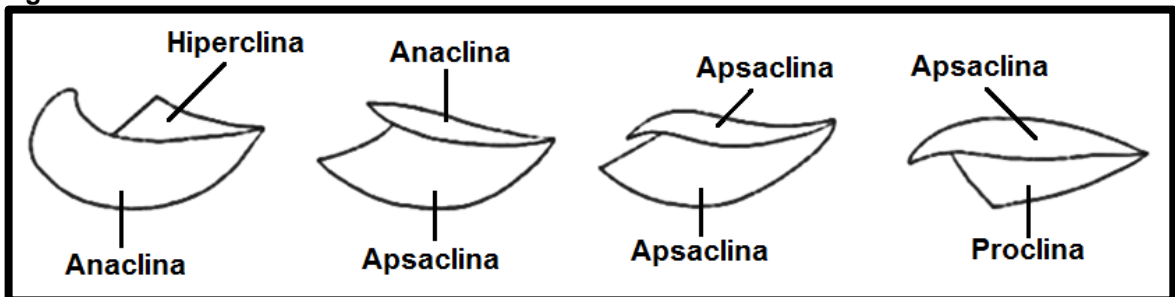
Fuente: Camacho, 1979 en Cruz-Guevara, 1997.

Figura 6.7. Terminología para la descripción de braquiópodos, basada en la posición del foramen con respecto al área cardinal y al umbón.



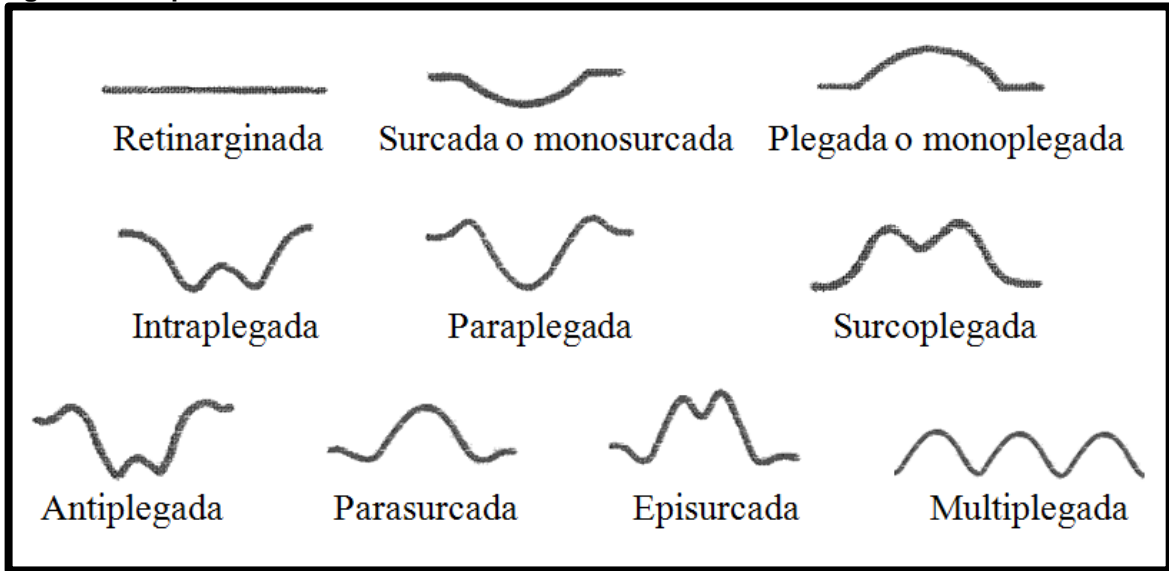
Fuente: Modificado de Shrock & Twnhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

Figura 6.8. Inclinación del área cardinal.



Fuente: Modificado de Clarkson, 1979 en Cruz-Guevara, 1997.

Figura 6.9. Tipos de comisura.



Fuente: Modificado de Shrock & Twnhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

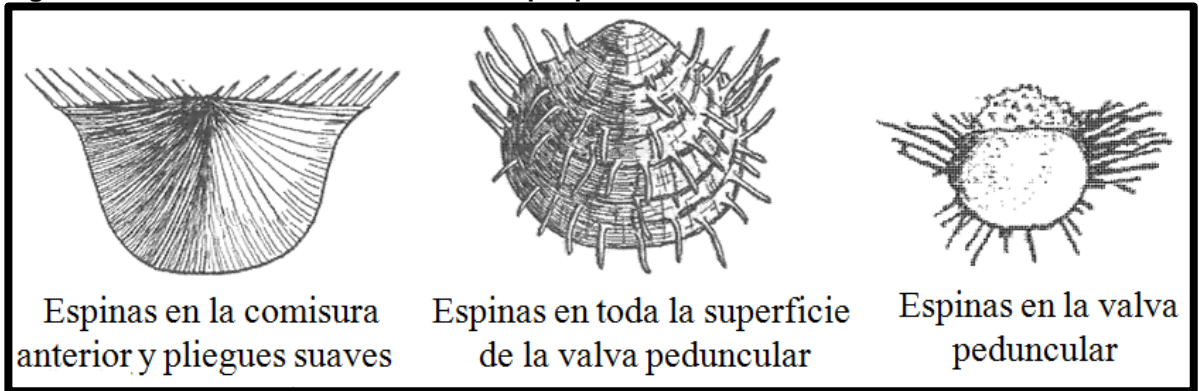
Externamente la concha de los braquiópodos exhibe diferentes tipos de ornamentaciones (Figura 6.10) y presenta líneas de crecimiento que son producto de pausas en la secreción de la concha a causa de diferencias estacionales en temperatura, nutrientes, épocas de reproducción o acción de predadores<sup>475</sup>; además, la concha calcárea de los braquiópodos está envuelta en la parte exterior por una cutícula orgánica, delgada y vesicular llamada periostraco, que puede estar o no penetrada por numerosos canales o huecos tubulares llamados puntos que llegan hasta el interior de las valvas<sup>476</sup>. Las conchas puntuadas tienen estas perforaciones o cavidades, las endopuntuadas las presentan pero no de manera profunda y las impuntuadas carecen por completo de esta característica<sup>477</sup>.

<sup>475</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, Op. Cit.

<sup>476</sup> Álvarez, F., Brime, C., Long, S., & Trigo, J. La Concha de los Braquiópodos: Un Ejemplo de Formación Controlada de Biominerales. *MACLA*, 6, 49-52. 2006

<sup>477</sup> Clarkson, E. *Invertebrate Palaeontology and Evolution* (4<sup>th</sup> ed. Reprinted). Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

**Figura 6.10. Ornamentaciones en los braquiópodos.**



Fuente: Modificado de Shrock & Twnhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

Por otro lado, el lofóforo (con forma de herradura) está localizado dentro de la concha, cuenta con una serie de cilios que con ayuda del manto, permite cumplir funciones de alimentación, respiración, limpieza y circulación<sup>478, 479</sup>, así mismo, tienen un pedicelo y un estatocisto que les permite ubicarse y mantener una posición adecuada<sup>480</sup>.

**7.3.2 Clasificación.** Durante años se han utilizado distintas clasificaciones teniendo en cuenta el tipo de charnela, textura de la concha y forma del lofóforo<sup>481</sup>. La clasificación en dos clases (Articulata e Inarticulata), aunque se ha seguido usando, hoy en día es menos frecuente ya que el filo se ha dividido en tres subfilos con base en la anatomía y el esqueleto de las especies<sup>482</sup>: Linguliformea, Craniiformea y Rhynchonelliformea<sup>483</sup>.

<sup>478</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>479</sup> Sadava, D., Hills, D. M., Heller, H. C., & Berenbaum, M. R. Life: the Science of Biology (10<sup>th</sup> ed.). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. 2014

<sup>480</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>481</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>482</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, 2005, Op. Cit.

<sup>483</sup> Emig, Bitner, & Álvarez, Op. Cit.

7.3.2.1 Clase Inarticulata: Incluye los subfilos Linguliformea y Craniiformea. En estos organismos las valvas se mantienen juntas mediante músculos aductores, oblicuos y laterales pero como su nombre lo indica, no poseen articulación; el lofóforo carece de soporte esquelético interno (braquidio) y presentan un intestino largo que termina con un ano. La concha está constituida de apatito y material orgánico (quitina) en el subfilo Linguliformea y de material calcáreo en el subfilo Craniiformea, éstas últimas con conchas laminares y puntuadas<sup>484, 485, 486, 487</sup>.

Se caracterizan por tener un desarrollo directo, su larva es planctónica, pelágica y su etapa libre puede ser muy larga. El lofóforo, manto y concha se desarrollan en etapas tempranas de su vida mientras que el pedúnculo se desarrolla posteriormente<sup>488</sup>.

7.3.2.2 Clase Articulata: Representada por el subfilo Rhynchonelliformea. Las valvas están unidas por una charnela definida y la articulación se lleva a cabo gracias a un mecanismo de dientes ubicados en la valva ventral que están soportados por fosetas en la valva dorsal. Desarrollan soportes calcáreos para el lofóforo y el principal constituyente de la concha es el carbonato de calcio, pero a diferencia del subfilo Craniiformea, pueden tener también algún contenido de magnesio y sus conchas son fibrosas e impuntuadas<sup>489, 490, 491, 492, 493</sup>.

---

<sup>484</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>485</sup> Puura, I., & Nemliher, J. Apatite Varieties in Recent and Fossil Linguloid Brachiopod Shells. En H. Brunton, R. Cocks, & S. Long (Eds.), *Brachiopods: Past and Present* (pp. 7-16). London: Taylor & Francis, Inc. 2001

<sup>486</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, 2005, Op. Cit.

<sup>487</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>488</sup> Shanks, Brachiopoda. En A. L. Shanks Op. Cit.

<sup>489</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>490</sup> Rich, Rich, Fenton, & Fenton, Op. Cit.

<sup>491</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, 2005, Op. Cit.

<sup>492</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>493</sup> Álvarez, Brime, Long, & Trigo, 2006, Op. Cit.

Su larva se divide en tres partes: un lóbulo anterior o apical, lóbulo del manto y el lóbulo peduncular. Esta presenta una etapa libre corta (en promedio de un día) para luego fijarse al sustrato por medio del pedúnculo y posteriormente, desarrollar los tentáculos<sup>494</sup>.

**7.3.3 Alimentación.** La alimentación se produce a través del lofóforo, el cual consiste en un par de brazos helicoidales que se prolongan hacia adelante y que cuentan con tentáculos y cilios. Por medio de movimientos, los cilios crean una corriente de agua que dirige la presa hacia el interior de la concha en donde el lofóforo filtra las partículas<sup>495, 496, 497</sup>. El alimento consiste en diatomeas y fitoplancton o en la absorción de partículas disueltas<sup>498</sup>.

**7.3.4 Reproducción y crecimiento.** Los braquiópodos presentan reproducción sexual y los sexos están separados (no son hermafroditas)<sup>499</sup>. Los órganos genitales se encuentran en la cavidad corporal, más específicamente en el celoma, una cavidad espaciosa en donde se desarrollan las gónadas y que se encuentra atravesada por mesenterios que conectan el tubo digestivo con la pared del cuerpo<sup>500, 501</sup>.

Son organismos dioicos, las hembras liberan los óvulos en el mar y allí son fertilizados por los espermatozoides que previamente liberaron los machos. De esta fertilización se origina una larva nadadora libre que después de un tiempo se

---

<sup>494</sup> Shanks, Brachiopoda. En A. L. Shanks, Op. Cit.

<sup>495</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>496</sup> Fernández-Álamo, M. A., & Rivas, G. Niveles de organización en animales. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

<sup>497</sup> Karleskint, G., Turner, R., & Small, J. Introduction to Marine Biology (4<sup>th</sup> ed.). Belmont, USA: Cengage Learning. 2013

<sup>498</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez,. 2005, Op. Cit.

<sup>499</sup> Woods, Op. Cit.

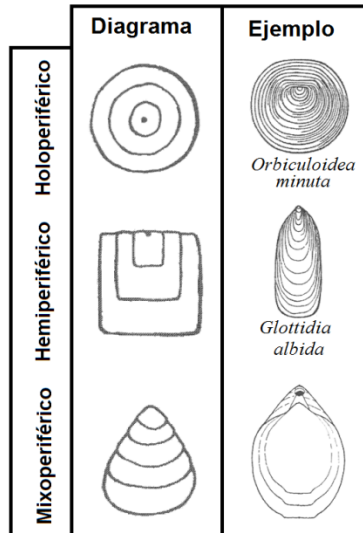
<sup>500</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>501</sup> Fernández-Álamo, & Rivas, Op. Cit.

fija al sustrato, se curva y empieza a secretar la concha y otras estructuras<sup>502, 503, 504</sup>.

La concha se origina como una pequeña lámina llamada protégulo, que permanece durante todo el crecimiento de la concha. Se habla de crecimiento holoperiférico cuando el crecimiento de las valvas se da alrededor del protégulo y un crecimiento mixoperiférico cuando contrario a lo anterior, una valva se inclina hacia la otra formando un área cardinal<sup>505</sup> (Figura 6.11).

**Figura 6.11. Tipos de crecimiento de las conchillas de los braquiópodos.**



Fuente: Modificado de Shrock & Twenhofel, 1953 en Cruz-Guevara, 1997.

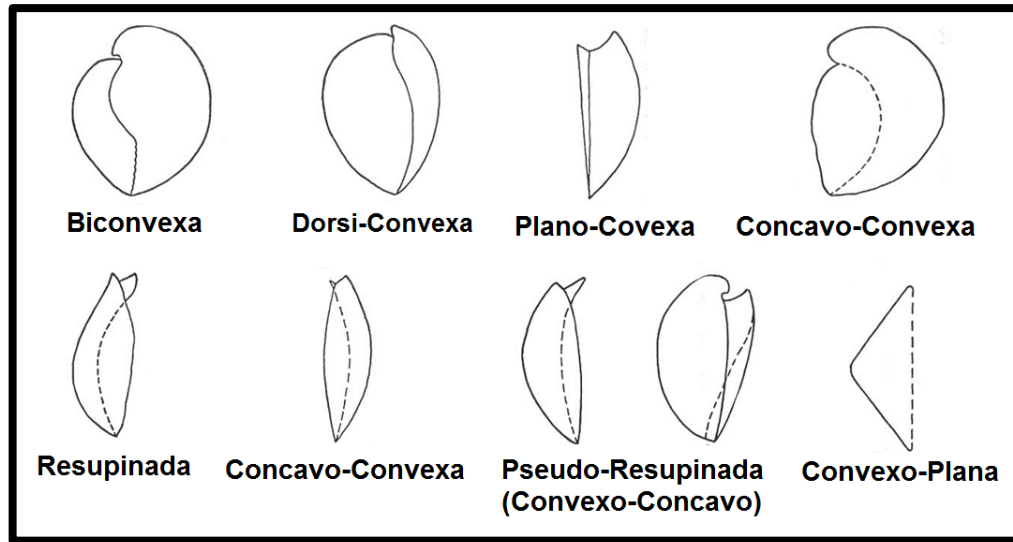
<sup>502</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>503</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>504</sup> Sadava, Hills, Heller, & Berenbaum, Op. Cit.

<sup>505</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, Op. Cit.

**Figura 6.12. Terminología de la concha de los braquiópodos teniendo en cuenta su concavidad**



Fuente: Strock & Twenhofel, 1953 en <http://www.mcz.harvard.edu/Departments/InvertPaleo/Trenton/Intro/PaleoPage/Terminology&Morphology/Terminology&Morphology.htm>

**7.3.5 Importancia del registro fósil.** Se tiene registro de estos animales desde el Cámbrico inferior, son abundantes en Formaciones geológicas del Paleozoico y Mesozoico y sus restos se encuentran bien preservados debido a la composición calcárea de sus conchas que facilita el proceso de fosilización<sup>506, 507, 508</sup>. Sus restos son muy importantes en el registro geológico debido a su abundancia y buena preservación, de tal manera que la mayor parte de los estudios de los braquiópodos ha sido realizada por paleontólogos y no por zoólogos<sup>509</sup>.

<sup>506</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>507</sup> Emig, Bitner, & Álvarez, Op. Cit.

<sup>508</sup> Sadava, Hills, Heller, & Berenbaum, Op. Cit.

<sup>509</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, Op. Cit.

Hay que tener en cuenta que la enorme extinción masiva de finales del Pérmico afectó a los braquiópodos severamente<sup>510, 511</sup>, por eso, en el Triásico sus registros son poco abundantes, siendo los Riconélidos y Terebratulidos los órdenes más representativos<sup>512</sup>.

Este filo es importante para realizar reconstrucciones paleoambientales y paleoecológicas ya que desarrollaron una variedad morfológica que refleja algunas características ambientales; además, algunas asociaciones de braquiópodos fósiles han servido para interpretar características de ambientes particulares. Por otro lado, los braquiópodos son útiles para realizar análisis geoquímicos debido a que la concha contiene un registro de las fluctuaciones del ambiente en que se formaron y su composición refleja cambios en la química del medio, de igual manera, las conchas impunctuadas y pseudopunctuadas con bajo contenido de magnesio son una de las mejores opciones para llevar a cabo estudios paleoambientales<sup>513, 514</sup>.

Tienen también un interés bioestratigráfico<sup>515</sup> ya que algunos de estos organismos evolucionaron de un modo relativamente rápido, sobre todo en el periodo comprendido entre el Ordovícico y el Missisipiano, por lo que son útiles para datar y hacer correlaciones; además, el importante papel que desarrollaron estos organismos en las comunidades bentónicas paleozoicas les da un gran valor para la identificación de unidades paleobiogeográficas y para el Pérmico y Mesozoico

---

<sup>510</sup> Granado, C. Ecología de comunidades. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones. 2000

<sup>511</sup> Benton, M. J., & Harper, D. A. T. Introduction to Paleobiology and the Fossil Record. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing. 2009

<sup>512</sup> Aguirre, Briozoos. En Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>513</sup> Pufahl, P. K., James, N. P., Kurtis, T., Lukasik, J. J., & Bone, Y. Brachiopods in Epeiric Seas as Monitors of Secular Changes in Ocean Chemistry: A Miocene Example from the Murray Basin, South Australia. *Journal of Sedimentary Research*, 76, 926-941. 2006

<sup>514</sup> Aguirre, Briozoos. En Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>515</sup> Reyes-Abril, J., Gutiérrez-Marco, J. C., & Villas, E. Biostratigraphy of the Middle Ordovician Brachiopods from Central Spain. *Instituto Geológico y Minero de España*, 463-472. 2011

han sido de gran ayuda para el reconocimiento de distintos terrenos y análisis tectonoestratigráficos<sup>516</sup>.

Para el estudio de los braquiópodos suelen medirse generalmente la longitud (L), anchura (A), y grosor (G) de la concha de forma convencional<sup>517</sup>.

**7.3.6 Análisis Clúster o de Conglomerados.** El análisis clúster es una técnica estadística que permite agrupar objetos de acuerdo a la existencia de características comunes entre ellos, formando grupos homogéneos denominados clúster o conglomerados, en donde todos los miembros del grupo son parecidos respecto a algún criterio de selección predeterminado, mientras que los conglomerados son heterogéneos entre sí<sup>518, 519, 520</sup>.

Cuando se tiene una muestra de individuos, el análisis clúster sirve para clasificarlos en grupos lo más homogéneos posibles en base a variables observadas<sup>521</sup>; es decir, se pueden incluir objetos en grupos según su grado de asociación, que será máximo si pertenecen al mismo grupo o mínimo si son de grupos diferentes<sup>522, 523, 524</sup>. Sin embargo, hay que tener en cuenta que un análisis de conglomerados puede tener diferentes soluciones dependiendo de las

---

<sup>516</sup> Aguirre, Briozoos. En Martínez-Chacón & Rivas, Op. Cit.

<sup>517</sup> Álvarez, Emig, Roldán, & Viéitez, 2005, Op. Cit.

<sup>518</sup> Ato, M., López, J. A., Velandrino, A. P., & Sánchez, J. Estadística avanzada con el paquete Systat. Murcia: Universidad, Secretariado de Publicaciones. 1990

<sup>519</sup> Franco, T., E Hidalgo, R. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos. Cali, Colombia: Boletín Técnico n°8 IPGRI. 2003

<sup>520</sup> Baillo, A., & Grané, A. 100 problemas resueltos de estadística multivariante. Madrid: Delta Publicaciones. 2008

<sup>521</sup> Pedroza, H., & Dicovalskyi, L. Sistema de Análisis Estadístico con SPSS. Managua, Nicaragua: IICA & INTA. 2006

<sup>522</sup> Guisande, C., Bareiro, A., Maneiro, I., Riviero, I., Vergara, A., & Vaamonde, A. Tratamiento de datos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2006

<sup>523</sup> Villardón, J. L. V. Introducción al Análisis de Clúster. Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca, 1-22. 2007

<sup>524</sup> Orús, M. Estadística Aplicada Análisis Multivariante: Esquemas de Teoría y Problemas Resueltos. Madrid: Lulu Press, Inc. 2014

variaciones en uno o más de sus elementos, es decir, la solución depende totalmente de las variables utilizadas<sup>525</sup>).

El análisis de clúster es un método que permite descubrir asociaciones en los datos que no son evidentes inicialmente pero que pueden ser útiles una vez que se han encontrado, por eso, este método analítico es importante para realizar clasificaciones taxonómicas y para sugerir modelos estadísticos que describan poblaciones e individuos<sup>526, 527</sup>.

Pasos para realizar el análisis clúster<sup>528</sup>:

- 1) Medir la similitud: Escoger el patrón que se va a tener en cuenta para la clasificación y cuantificarlo utilizando medidas de correlación, asociación o semejanza.
- 2) Formar los conglomerados: Agrupar las observaciones más similares dentro de un grupo.
- 3) Cantidad de conglomerados: Se debe buscar un número de conglomerados en que no se pierda la homogeneidad entre los miembros del grupo debido a la existencia de pocos clúster, pero tampoco formar numerosos grupos pues no se marcará adecuadamente la diferencia entre ellos.

---

<sup>525</sup> Prieto, R. E. Técnicas Estadísticas de Clasificación: un Ejemplo de Análisis Clúster. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 1-168. 2006

<sup>526</sup> Villardón, Op. Cit.

<sup>527</sup> Guisande, Bareiro, Maneiro, Riviero, Vergara, & Vaamonde, Op. Cit.

<sup>528</sup> Prieto, Op. Cit.

## 7.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS

### Trabajo Individual

Escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°6 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio y realice el mismo procedimiento para la mayor cantidad de especímenes de colección que se incluyen en este laboratorio. Trate de estudiar ejemplares morfológicamente diferentes entre sí.

- Fase de observación

Detalle las siguientes características del ejemplar:

- 1) ¿Qué forma presenta la concha del espécimen? Ver Figura 6.12
- 2) ¿Cuáles son sus dimensiones?
- 3) ¿Qué tan demarcada está la curvatura del umbón?
- 4) ¿Qué tipo de comisura observa?
- 5) ¿Qué tipo de estructura identifica en el área cardinal?
- 6) ¿Cuál es la inclinación del área cardinal?
- 7) ¿Qué tipo de crecimiento tienen las conchillas?
- 8) ¿Se trata de una concha puntuada, endopuntuada o impuntuada?
- 9) ¿Cuál es la posición del foramen respecto al área cardinal y umbón?
- 10) ¿Qué tipo de foramen presenta el ejemplar?
- 11) ¿Presenta el espécimen alguna ornamentación en la superficie?

- Fase de descripción

Realice un dibujo del fósil seleccionado en donde indique todas las características morfológicas identificadas y los detalles del fósil, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible; recuerde dibujar las vistas dorsal, lateral y anterior para

precisar mejor todas las estructuras que conforman la muestra. Posteriormente, realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

Identifique las características morfológicas del ejemplar estudiado teniendo en cuenta la clasificación taxonómica a la que corresponde.

- 1) Establezca cuál es la valva ventral y cuál es la dorsal.
- 2) Indique el modo de vida del espécimen teniendo en cuenta la morfología del individuo.
- 3) Realice las mediciones estándares para los braquiópodos.
- 4) Teniendo en cuenta que las especies que son morfológicamente similares con base en características generales, pero que son diferentes si se examinan con mayor cuidado los detalles estructurales de las mismas, reciben el nombre de homeomorfas ¿Encuentra homeomorfismo entre algunos de los fósiles de colección?

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros. Realicen entre todos el siguiente ejercicio de agrupación de especies mediante Clúster análisis.

El ejercicio se realizará con las muestras fósiles de braquiópodos con que dispone el laboratorio de paleontología, escoja la mayor cantidad de ejemplares de diferentes especies.

- 1) Escoja los patrones que se van a tener en cuenta para la clasificación de los especímenes. Recuerde que los patrones utilizados debe ser cuantificados posteriormente. Para este laboratorio se recomienda utilizar máximo 20 características debido al limitante del tiempo.
  
- 2) Construya un listado de los caracteres que va a utilizar y asigne a cada uno de ellos diferentes estados (ver Tabla 1), de esta manera las variables a estudiar pueden ser cuantificadas.

**Tabla 1. Ejemplo del listado de caracteres y estados cuantificados.**

Carácter	Estados Cuantificados
Tamaño	Pequeño (0), mediano (1), grande (2)
Contorno	Ovalado (0), elongado (1)
Forma	Elongada antero posterior (0), umbón prominente (1)
Costillas	No (0), Sí (1)
Tubérculos	No (0), Sí (1)
Espinas	No (0), Sí (1)
Líneas de crecimiento	Finas (0), gruesas (1)
Impresiones musculares	Una (0), dos (1)

- 3) Construya una matriz en la que se incluya cada uno de los caracteres utilizados y cada una de las especies seleccionadas (ver Tabla 2).
  
- 4) Determine la condición de cada carácter en cada UTO, registre la información cuantificada de cada estado en la matriz construida; si en algunos casos algunos valores no pueden determinarse, utilice (N/A) para no aplica, (P) para polimórfico y (x) para desconocido (ver Tabla 3).

**Tabla 2. Matriz de caracteres y especies**

	Tamaño	Contorno	Forma	Costillas	Tubérculos	Espinas	Líneas de crecimiento	Impresiones musculares
Especie 1								
Especie 2								
Especie 3								
Especie 4								
Especie 5								

**Tabla 3. Ejemplo de cómo realizar la matriz**

	Tamaño	Contorno	Forma	Costillas	Tubérculos	Espinas	Líneas de crecimiento	Impresiones musculares
Especie 1	0	0	1					
Especie 2	1	0	1					
Especie 3	2	1	0					
Especie 4	0	0	1					
Especie 5	2	1	0					

- 5) Construya una matriz de semejanza para los UTO seleccionados e incluya en ella el resultado (en porcentaje) de comparar la similitud de cada UTO con las demás, tal como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4. Matriz de semejanza entre UTO**

	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4	Especie 5
Especie 1					
Especie 2					
Especie 3					
Especie 4					
Especie 5					

-----Diferencia porcentual entre los estadios de la especie 1 en comparación con la especie 5.

6) Determine los clúster o conglomerados a partir de las semejanzas identificadas, realice éste procedimiento con ayuda de programas de estadística como EXCEL u otros similares. ¿Cuáles ejemplares son semejantes?

7) Analice los resultados, ¿Qué puede concluir?

## 7.5 BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, J. Briozoos. En M.L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp.419-446). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

Álvarez, F., Brime, C., Long, S., & Trigo, J. La Concha de los Braquiópodos: Un Ejemplo de Formación Controlada de Biominerales. *MACLA*, 6, 49-52. 2006

Álvarez, F., Emig, C. C., Roldán, C., & Viéitez, J. M. *Lophophorata: Phoronida, Brachiopoda*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales & Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2005

Ato, M., López, J. A., Velandrino, A. P., & Sánchez, J. *Estadística avanzada con el paquete Systat*. Murcia: Universidad, Secretariado de Publicaciones. 1990

Baillo, A., & Grané, A. *100 problemas resueltos de estadística multivariante*. Madrid: Delta Publicaciones. 2008

Barrientos, Z. *Zoología General*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 2003

Benton, M. J., & Harper, D. A. T. *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record*. Oxford: Wiley-Blackwell Publishing. 2009

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Clarkson, E. N. K. *Invertebrate Paleontology and Evolution*. Reino Unido: Blackwell Publishing. 2009

Cruz-Guevara, L. E. *Paleontología de Invertebrados: Guías de laboratorio*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Geología. 1997

Dodd, R., & Stanton, R. J. *Paleoecology: Concepts and Applications* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 1990

Emig, C. C., Bitner, M. A., & Álvarez, F. Phylum Brachiopoda. *Zootaxa*, 3703 (1), 75-78. 2013

Fernández-Álamo, M. F., & Rivas, G. Phylum Brachiopoda. En M. F. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de organización en animales* (pp.278-283). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultas de Ciencias. 2007

Franco, T., E Hidalgo, R. *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos*. Cali, Colombia: Boletín Técnico n°8 IPGRI. 2003

Granado, C. *Ecología de comunidades*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones. 2000

Guisande, C., Bareiro, A., Maneiro, I., Riviero, I., Vergara, A., & Vaamonde, A. *Tratamiento de datos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2006

Karleskint, G., Turner, R., & Small, J. *Introduction to Marine Biology* (4<sup>th</sup> ed.). Belmont, USA: Cenage Learning. 2013

Llupart, C. Braquiópodos del Banco de Chella (Mar de Alborán, Mediterráneo Occidental). *Acta Geológica Hispánica*, 23, 311-319. 1988

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

Orús, M. *Estadística Aplicada Análisis Multivariable: Esquemas de Teoría y Problemas Resueltos*. Madrid: Lulu Press, Inc. 2014

Pedroza, H., & Dicovskyi, L. *Sistema de Análisis Estadístico con SPSS*. Managua, Nicaragua: IICA & INTA. 2006

Prieto, R. E. Técnicas Estadísticas de Clasificación: un Ejemplo de Análisis Clúster. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 1-168. 2006

Pufahl, P. K., James, N. P., Kurtis, T., Lukasik, J. J., & Bone, Y. Brachiopods in Epeiric Seas as Monitors of Secular Changes in Ocean Chemistry: A Miocene Example from the Murray Basin, South Australia. *Journal of Sedimentary Research*, 76, 926-941. 2006

Puura, I., & Nemliher, J. Apatite Varieties in Recent and Fossil Linguloid Brachiopod Shells. En H. Brunton, R. Cocks, & S. Long (Eds.), *Brachiopods: Past and Present* (pp. 7-16). London: Taylor & Francis, Inc. 2001

Reyes-Abril, J., Gutiérrez-Marco, J. C., & Villas, E. Biostratigraphy of the Middle Ordovician Brachiopods from Central Spain. *Instituto Geológico y Minero de España*, 463-472. 2011

Rich, P. V., Rich, T. H., Fenton, M. A., & Fenton, C. L. *The Fossil Book: A Record of Prehistoric Life*. Mineola, New York: Dover Publications, Inc. 1996

Sadava, D., Hills, D. M., Heller, H. C., & Berenbaum, M. R. *Life: the Science of Biology* (10<sup>th</sup> ed.). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. 2014

Shanks, A. L. Brachiopoda. En A. L. Shanks (Ed.), *Identification Guide to Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest* (pp. 267-269). Oregon: Oregon State University Press. 2001

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Villardón, J. L. V. Introducción al Análisis de Clúster. *Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca*, 1-22. 2007

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press.  
1958

## **8. LABORATORIO N°7: ESTUDIO DE VARIACIÓN ONTOGENICA UTILIZANDO CLASE BIVALVIA**

### **8.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los bivalvos para facilitar el reconocimiento en campo de los organismos fósiles pertenecientes a este filo.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su adaptación al medio ambiente en que habitaron.
- Reconocer la importancia de los bivalvos para realizar reconstrucciones paleoambientales y su utilidad como indicadores paleobatimétricos de ecosistemas del pasado.
- Determinar la variación ontogénica en una especie de invertebrados a partir de cálculos estadísticos, regresiones lineales simples y correlaciones.

### **8.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandeja N° 8 del laboratorio de paleontología, que incluye muestras fósiles de Bivalvos.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

Calibradores

Calculadora con funciones de correlación y regresión lineal

## 8.3 MARCO TEÓRICO

**8.3.1 Phylum Mollusca.** Es uno de los mayores filos del reino animal en donde se incluyen todos los caracoles, almejas, calamares y pulpos. Estos animales tienen un cuerpo blando que en muchas especies está protegido por una concha rígida de carbonato de calcio, que en organismos como las babosas, calamares y pulpos ha ido desapareciendo por medio de la evolución. Aunque la gran mayoría son marinos, los moluscos están ampliamente dispersos tanto en hábitats acuáticos como terrestres, y pese a que los animales que se incluyen en este filo son morfológicamente distintos, todos poseen tres características en común: Un pie muscular que contiene órganos sensoriales y de locomoción utilizado para el movimiento; una masa visceral que contiene la mayoría de órganos, y un manto que envuelve la masa visceral y secreta la concha en caso de poseerla; además, pueden o no tener una rádula (se encuentra en casi todas las clases) cuya función es la alimentación<sup>529</sup>, <sup>530</sup>, <sup>531</sup>, <sup>532</sup>.

Las principales clases de este filo son la clase Bivalvia, Gasterópoda y Cefalópoda.

**8.3.2 Clase Bivalvia.** Los bivalvos, también conocidos como lamelibranquios o pelecípodos, son uno de los mayores grupos de invertebrados<sup>533</sup>, están representados en los ecosistemas marinos<sup>534</sup> e incluyen muchas especies de

---

<sup>529</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>530</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>531</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, Op. Cit.

<sup>532</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>533</sup> Brink, L. A. Mollusca: Bivalvia. En A. L. Shanks (Ed.), Identification Guide to Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest (pp. 129-149). Oregon: Oregon State University Press. 2001

<sup>534</sup> Flores-Garza, R., López-Rojas, V., Flores-Rodríguez, P., & Torreblanca, C. Diversity, Distribution and Composition of the Bivalvia Class on the Rocky Intertidal Zone of Marine Priority Region 32, Mexico. Open Journal of Ecology, 4, 961-973. 2014

almejas, ostras y mejillones<sup>535, 536</sup>. La mayoría de los bivalvos viven en aguas marinas cercanas a la línea de costa, aunque algunos géneros habitan en zonas marinas muy profundas y otros en aguas continentales como los mejillones. Existen bivalvos nadadores como algunos pectínidos pero la gran mayoría tienen un modo de vida bentónico, ya sea de forma libre o enterrada; otras especies están fijadas al fondo marino por un cemento de naturaleza orgánica que secreta el animal conocido como biso, mientras que otros viven en el interior de las rocas carbonatadas o corales<sup>537</sup> (Figura 7.1).

8.3.2.1 Morfología de la concha: Poseen una concha compuesta principalmente de carbonato de calcio que se forma por la adición de material calcáreo proveniente del manto y que es obtenido por el bivalvo a través de la alimentación y del agua que lo rodea. La concha se encarga de la defensa contra depredadores y sirve para proteger del lodo y arena las partes blandas de los organismos que se entierran<sup>538</sup>. Está compuesta por tres capas diferentes: una delgada capa exterior (periostraco), una capa media de aragonito o calcita y una capa interior gruesa de material calcáreo; además, la presencia de anillos concéntricos en la superficie de las valvas es común y ha sido relacionada con la estimación de su edad<sup>539, 540</sup>.

---

<sup>535</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>536</sup> Ponder, W. F., & Lindberg, D. R. (Eds.) *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. Los Angeles: University of California Press. 2008

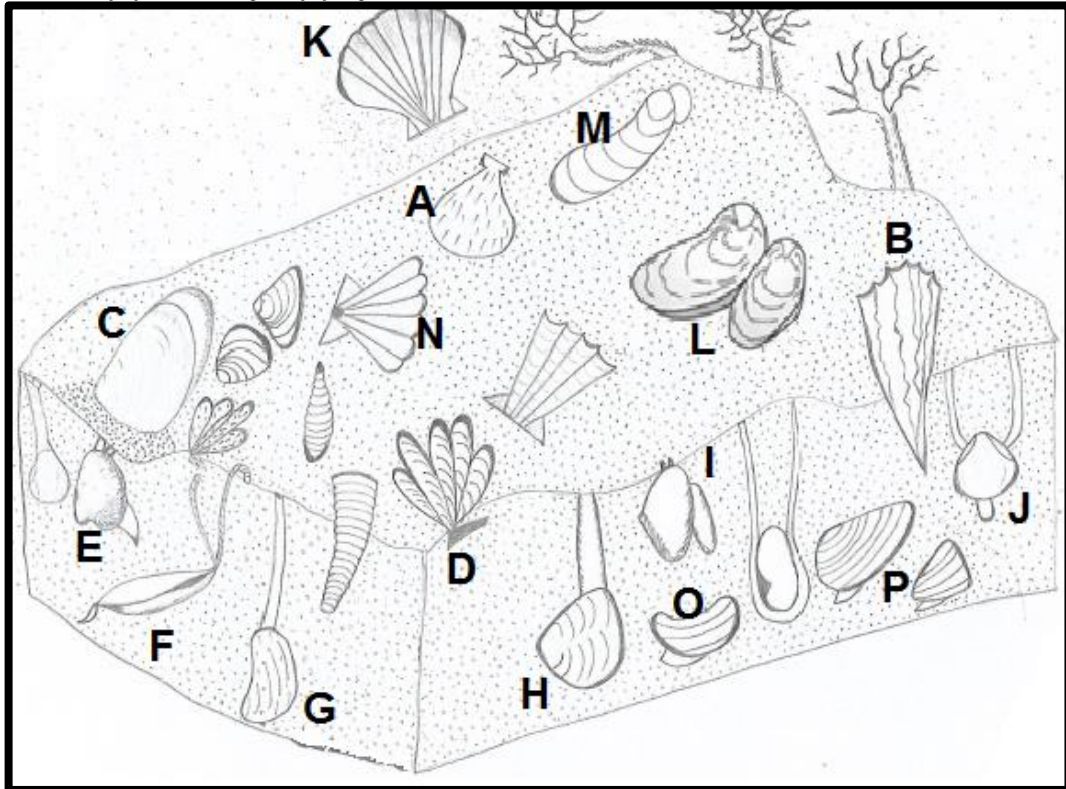
<sup>537</sup> Bogan, A. E., & Alderman, J. M. *Workbook and Key to the Freshwater Bivalves of South Carolina*. Revised Second Edition. 2008

<sup>538</sup> Sälgeback, J. *Functional Morphology of Gastropods and Bivalves*. Acta Universitatis Upsaliensis, 1-31. 2006

<sup>539</sup> Gosling, E. *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Oxford: Fishing News Books. 2003

<sup>540</sup> Hahn, S., Rodolfo-Metalpa, R., Griesshaber, E., Schmahl, W.W., Buhl, D., Hall-Spencer, J.M.,...Immenhauser, A. Marine bivalve shell geochemistry and ultrastructure from modern low pH environments: environmental effect versus experimental bias. *Biogeosciences*, 9, 1897–1914. 2012

Figura 7.1. Reconstrucción del modo de vida de los bivalvos. Bivalvos epifaunales aferrados al sustrato mediante el biso: (A) *Pinctada*; (B) *Pinna*; (C) *Plagiostoma*; (D) *Crassostrea*. Bivalvos endofaunales: (E) *Mercenaria*; (F) *Tellina*; (G) *Pleuromia*; (H) *Pholas*; (I) *Cuspidaria*; (J) *Phacoides*. Bivalvos nadadores: (K) *Pecten*. Bivalvos epifaunales semienterrados: (L) *Gryphaea*; (M) *Liostrrea*. Bivalvo nadador descansando sobre una de sus valvas sin enterrarse: (N) *Pecten*. Bivalvos con la capacidad de alternar entre un modo de vida infaunal y epifaunal: (O) *Dacromyza*; (P) *Rycheria*.



Fuente: Autor.

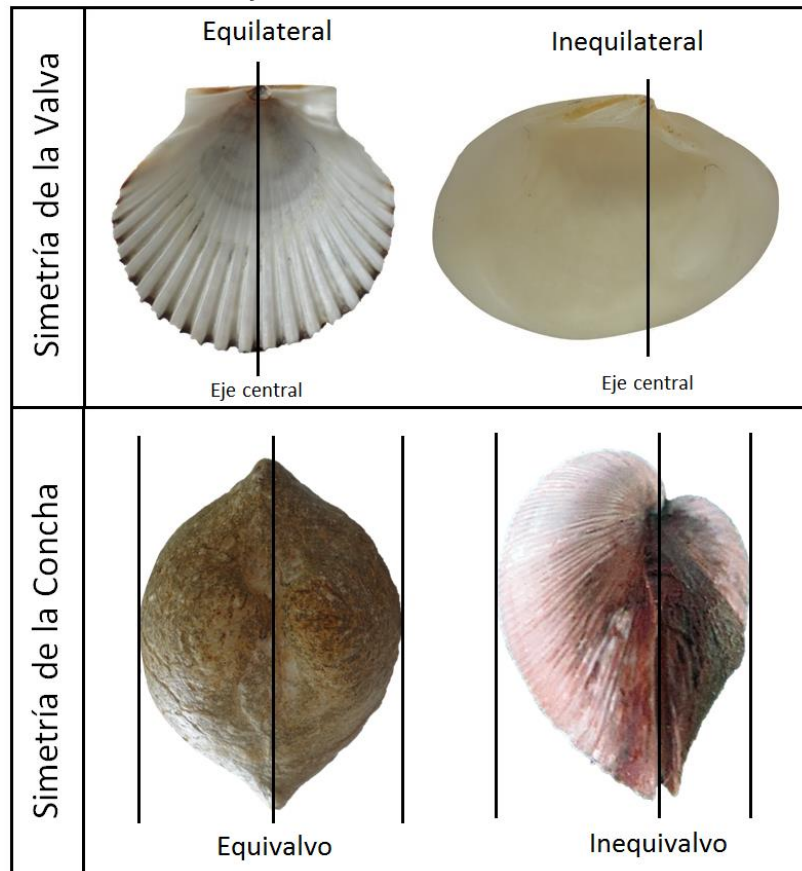
Al igual que en los braquiópodos la concha está compuesta por dos valvas, sin embargo, en los bivalvos se habla de una valva derecha y una izquierda, en donde la gran mayoría carece de simetría (inequilateral), no obstante, en casi todos los bivalvos, las dos valvas son idénticas entre sí, recibiendo el nombre de equivalvas, mientras que los pocos casos en que son asimétricas se conocen como inequivalvas<sup>541, 542</sup> (Figura 7.2). Las valvas se unen y mueven por medio de un

<sup>541</sup> Saxena, A. Text Book of Mollusca. New Delhi: Discovery Publishing House. 2005

<sup>542</sup> Kumar, Op. Cit.

ligamento en un área conocida como umbón, el cual se forma a partir del ápice<sup>543</sup> y justo debajo del umbón se encuentra la charnela, en donde se encuentran proyecciones conocidas como dientes, que encajan en las depresiones (fosetas) de la otra valva y que con ayuda de poderosos músculos aductores (uno posterior y uno anterior) tienen como función el cierre perfecto de la concha para proteger las partes blandas del animal<sup>544, 545</sup>. Una vez muerto el organismo, en la concha quedan las impresiones de la línea paleal y de los músculos aductores, que en caso de ser de igual tamaño recibe el nombre de isomiarios (Figura 7.3).

**Figura 7.2. Simetría de las valvas y la concha de los bivalvos.**



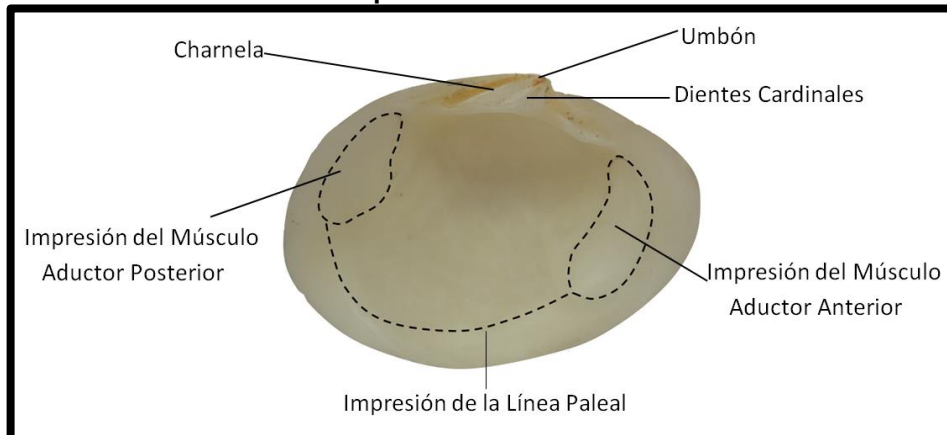
Fuente: Autor

<sup>543</sup> Gosling, Op. Cit.

<sup>544</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>545</sup> Fernández-Álamo, & Rivas, Phylum Brachiopoda. En M. F. Fernández-Álamo & Rivas, Op. Cit.

**Figura 7.3. Vista interna de la valva izquierda de un bivalvo.**



Fuente: Autor

Existen varios tipos de charnela<sup>546, 547</sup> (Figura 7.4):

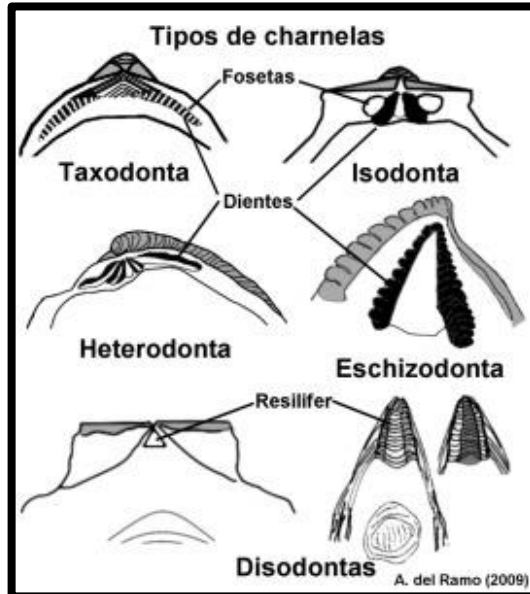
- ✓ Taxodonta: Los dientes son similares en forma y tamaño y son numerosos.
- ✓ Disodonta: Todos los dientes son de un solo tipo.
- ✓ Isodonta: Presenta fuertes y grandes dientes, todos de igual tamaño.
- ✓ Schizodonta: Pocos dientes del mismo tamaño.
- ✓ Heterodonta: Presenta pocos dientes y no todos son iguales.
- ✓ Desmodonta: No hay dientes verdaderos.

---

<sup>546</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>547</sup> Milsom, C., & Rigby, S. Fossils at a Glance (2<sup>nd</sup> ed.). New Jersey: Willey-Blackwell Publishing. 2010

Figura 7.4. Tipos de charnela de los bivalvos.



Fuente: Antonio del Ramo, Bivalvos. 2009 En [http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-27467-DETALLE\\_REPORTAJESABUELO](http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-27467-DETALLE_REPORTAJESABUELO)

8.3.2.2 Fisiología: En el interior de la concha y rodeando por completo al animal está el manto, dos lóbulos de tejido conectivo (cada uno ubicado en una valva) que presenta músculos y nervios y que se adjunta a la concha a lo largo de la línea paleal. Entre el manto y los órganos internos está la cavidad del manto, una cámara espaciosa que alberga los órganos para la alimentación y la respiración<sup>548, 549</sup> y desde el cual se proyecta el pie, un órgano muscular que sirve para el desplazamiento o enterramiento de ciertas especies y que en algunos casos ha llegado a desaparecer<sup>550</sup>.

<sup>548</sup> Purchon, R. D. The Biology of the Mollusca (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford: Pergamon Press, Ltd. 1997

<sup>549</sup> Gosling, Op. Cit.

<sup>550</sup> Germann, D. P., Schatz, W., & Hotz, P. E. Artificially evolved functional shell morphology of burrowing bivalves. *Palaeontologia Electronica*, 17, 1-25. 2013

Los bivalvos tienen capas de branquias (ctenidio) muy desarrolladas en forma de laminillas<sup>551</sup> que sobresalen de manera prominente de la parte dorsal de sus cuerpos<sup>552</sup>. El ctenidio cruza la cavidad del manto y la divide en una cámara inferior (infrabranquial) y una cámara superior (suprabranquial). Los cilios laterales que presentan los filamentos de las branquias forman una corriente de agua en la cámara infrabranquial que luego pasa a la cámara suprabranquial por medio de una corriente exhalante, este sistema les permite respirar y en los bivalvos filtradores sirve para su alimentación<sup>553, 554, 555</sup>. En algunos casos, el agua para la ventilación de las branquias se introduce y es expulsada de la cavidad del manto a través de aberturas denominadas sifones, los cuales facilitan el proceso de respiración, alimentación y desplazamiento<sup>556</sup> (Figura 7.5 y Figura 7.6).

No poseen una cabeza diferenciada y carecen de ojos, salvo algunas especies que los tienen poco desarrollados y que solo pueden captar cambios de luz<sup>557, 558, 559</sup>.

---

<sup>551</sup> Tola, J. Atlas básico de zoología. Barcelona: Parramón Ediciones, S.A. 2003

<sup>552</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>553</sup> Purchon, Op. Cit.

<sup>554</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>555</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

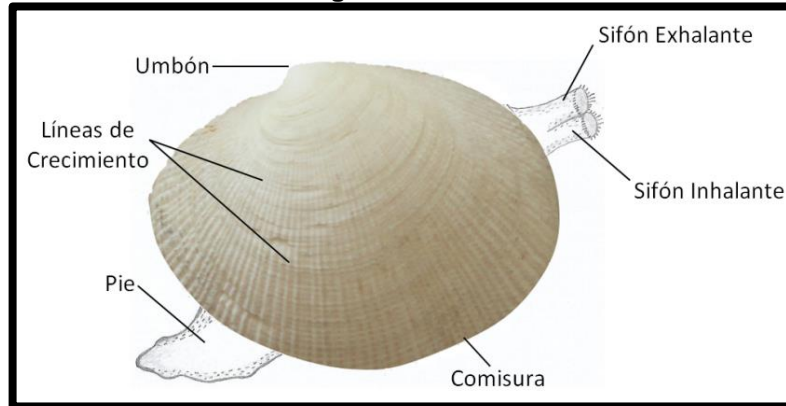
<sup>556</sup> Hill, R. W., Wyse, G. A., & Anderson, M. Fisiología Animal. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

<sup>557</sup> Tola, Op. Cit.

<sup>558</sup> Saxena, Op. Cit.

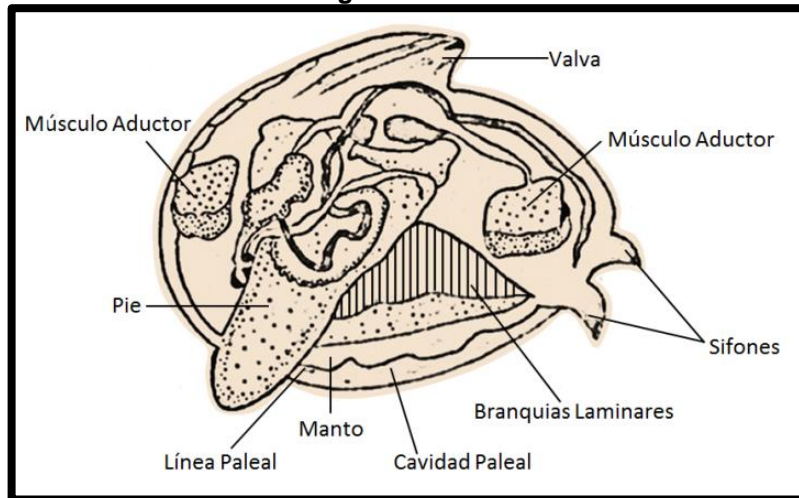
<sup>559</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

**Figura 7.5. Reconstrucción de la morfología externa de un bivalvo.**



Fuente: Autor

**Figura 7.6. Reconstrucción de la morfología interna de un bivalvo.**



Fuente: Autor.

8.3.2.3 Reproducción: Los machos expulsan los espermatozoides en la columna de agua para que fertilicen los óvulos que fueron liberados anteriormente por las hembras; sin embargo, en las formas más especializadas los óvulos son fertilizados dentro de la cavidad del manto<sup>560</sup>. Después de la fertilización, el cigoto se desarrolla primero en un trocóforo planctónico y se convierte posteriormente en una larva velígera que aunque no presenta concha posee un velo ciliado que le

<sup>560</sup> Purchon, Op. Cit.

permite nadar y respirar<sup>561</sup>. El estado larval puede variar de pocos días a meses dependiendo la especie y antes de que ocurra la metamorfosis de la larva se presenta el desarrollo del pie y la desaparición de los cilios<sup>562</sup>.

8.3.2.4 Alimentación: Los bivalvos no presentan rádula y la mayoría son suspensívoros<sup>563</sup>. Sus órganos encargados de la alimentación se encuentran en la cavidad del manto y han desarrollado diferentes mecanismos para la obtención de nutrientes<sup>564</sup> debido a que sus estrategias para la captura de alimento han evolucionado conforme evoluciona su modo de vida<sup>565</sup>.

- Protobranquios: Sus características y hábitos alimenticios están relacionados con las formas más primitivas de los bivalvos, obtienen los nutrientes principalmente de depósitos sedimentarios y sus conchas están aferradas al sustrato por una sustancia secretada conocida como byssus.
- Septibranchios: Han adquirido un nuevo método de alimentación que les permite atrapar objetos que se encuentran a la deriva cerca a de la superficie del agua.
- Polistringios: Se han especializado progresivamente en un mecanismo ciliado que facilita la captura de alimento.

La digestión ocurre generalmente en dos fases: una extracelular dentro del estómago y una fase intracelular dentro del divertículo digestivo, aunque se cree también que regiones del intestino están involucrados en el proceso<sup>566</sup>.

---

<sup>561</sup> Díaz, P., & Campos, B. Ontogenia de la concha larval y postlarval de cuatro especies de bivalvos de la costa del Pacífico sureste. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49 (2), 175-191. 2014

<sup>562</sup> Brink, Mollusca: Bivalvia. En A. L. Shanks, Op. Cit.

<sup>563</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>564</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>565</sup> Milsom, & Rigby, Op. Cit.

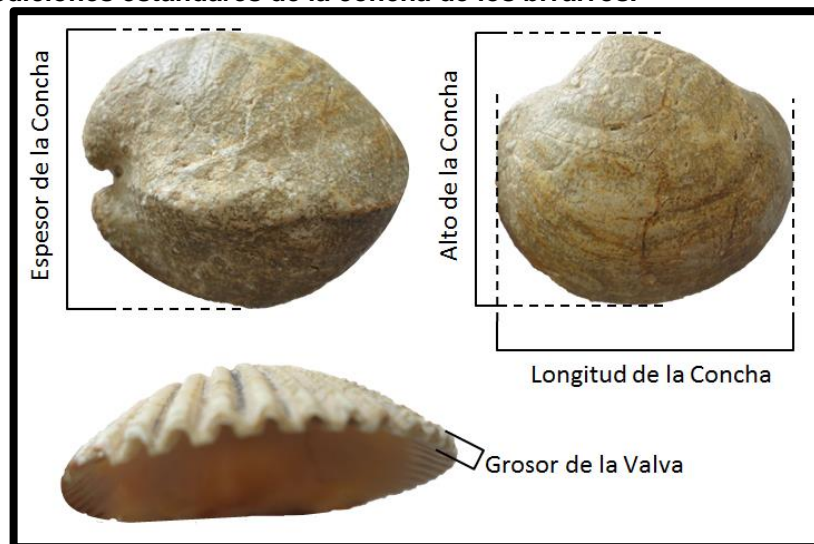
<sup>566</sup> Morton, B. Feeding and Digestion in Bivalvia. En A. S. M. Saleuddin & K. M. Wilbur (Eds.), *The Mollusca: Physiology, Part 2* (pp. 65-131). New York: Academic Press, Inc. 1983

**Figura 7.7. Tipos de ornamentación de la concha de los bivalvos.**



Fuente: Autor

**Figura 7.8. Mediciones estándar de la concha de los bivalvos.**



Fuente: Autor, muestras P-436 y P-733 de la bandeja N°7 de laboratorio.

8.3.2.5 Importancia del registro fósil: Los bivalvos son abundantes en el registro fósil a partir del Cretácico<sup>567</sup>,<sup>568</sup> y corresponden a una parte importante de la fauna encontrada en las Formaciones geológicas del Mesozoico y Cenozoico<sup>569</sup>, en

<sup>567</sup> Gillikin, D. P. Geochemistry of Marine Bivalve Shells: the potential for paleoenvironmental reconstruction. (Tesis doctoral). Vrije Universiteit Brussel, Belgium. 2005

<sup>568</sup> Yan, H., Chen, J., & Xiao, J. A review on bivalve shell, a tool for reconstruction of paleo-climate and paleo-environment. Chinese Journal of Geochemistry, 33 (3), 310-315. 2014

<sup>569</sup> Woods, Op. Cit.

donde son de gran utilidad para hacer subdivisiones y correlaciones estratigráficas<sup>570</sup>.

La evolución morfológica de estos animales ha podido documentarse ampliamente debido a la gran cantidad de fósiles hallados y a la existencia de especímenes actuales que permiten correlacionarlos<sup>571, 572</sup>. Aunque su estudio paleontológico es menos frecuente en comparación con otros invertebrados como corales o foraminíferos, las conchas de los bivalvos ofrecen buenas posibilidades de hacer reconstrucciones paleontológicas ya que poseen un amplio rango geográfico y son abundantes en el registro fósil<sup>573</sup>.

Los bivalvos fósiles son casi siempre estudiados en base a su morfología funcional<sup>574</sup> ya que sus adaptaciones a factores como el tipo de sustrato, tamaño de grano de este y turbidez del agua se ven reflejados en la morfología de la concha<sup>575</sup>. De igual manera, los fósiles de estos organismos pueden ser usados como indicadores paleobatimétricos, para inferir la línea de costa en los ambientes marinos<sup>576</sup> y como se mencionó anteriormente, para realizar subdivisiones y correlaciones estratigráficas pues muestran varios periodos de radiación y cambios morfológicos drásticos que facilitan este estudio: Aparición de los sifones, cambios en el modo de vida (de sustratos duros a blandos), evolución en sus estrategias de alimentación, entre otros<sup>577</sup>.

Por otro lado, una de las mayores características de los bivalvos fósiles, es que pueden aportar información exacta sobre ambientes del pasado por medio de la

---

<sup>570</sup> Jones, R. W. Applied Palaeontology. Cambridge: Cambridge University Press. 2006

<sup>571</sup> Ibid

<sup>572</sup> Germann, Schatz, & Hotz, Op. Cit.

<sup>573</sup> Gillikin, Op. Cit.

<sup>574</sup> Jones, Op. Cit.

<sup>575</sup> Sälgeback, Op. Cit.

<sup>576</sup> Jones, Op. Cit.

<sup>577</sup> Germann, Schatz, & Hotz, Op. Cit.

geoquímica de la concha, sobre todo utilizando isotopos de carbón y oxígeno<sup>578</sup>; esto se debe a que durante el crecimiento, el bivalvo secreta nuevas capas de la concha de material obtenido de su alimentación y también del agua que lo rodea, por tanto, la composición química de dichas capas puede reflejar los cambios ambientales<sup>579, 580</sup>. La información que arrojan los bivalvos es de especial interés ya que puede ser anual, semanal o por ciertas temporadas<sup>581</sup>.

**8.3.3 Estudio de variación ontogénica.** En biología, la ontogenia o crecimiento ontogenético, es la progresión y desarrollo de los seres vivos, desde la fecundación del organismo hasta la senescencia (vejez) del mismo<sup>582</sup>.

Debido a que la forma de los seres vivos está directamente relacionada con los estadios de crecimiento, los estudios de variación ontogénica permiten diferenciar de un conjunto o asociación de organismos de la misma especie los especímenes más jóvenes de los adultos y viejos, con el objetivo de entender el comportamiento de una comunidad en particular y la función de cada individuo en el desarrollo y adaptación de esta<sup>583</sup>. Una característica observada en la gran mayoría de los organismos, es que durante la juventud poseen una alta tasa de crecimiento y al llegar a la madurez el crecimiento se detiene, afectando diferentes magnitudes como la masa, volumen, longitud de los miembros y altura del espécimen<sup>584</sup>.

En paleontología los estudios ontogénicos son de gran importancia ya que en el registro fósil solo se encuentra preservada la morfología externa de los organismos, y sólo a partir de este tipo de estudios actuales es posible inferir su origen. La importancia de los estudios de variación ontogénica y el conocimiento

---

<sup>578</sup> Yan, Chen, & Xiao, Op. Cit.

<sup>579</sup> Gillikin, Op. Cit.

<sup>580</sup> Hahn, Rodolfo-Metalpa, Griesshaber, Schmahl, Buhl, Hall-Spencer, Op. Cit.

<sup>581</sup> Yan, Chen, & Xiao, Op. Cit.

<sup>582</sup> Barberis, L. M. Crecimiento Ontogénico Conjunto y Aplicaciones. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Córdoba, España. ca. 2013

<sup>583</sup> Concha, M. Ontogenia de la Forma en los Seres Vivos. Estudios Público, 128, 211-226. 2012

<sup>584</sup> Barberis, Op. Cit.

de esta disciplina radica en que las interpretaciones hechas a partir de los caracteres morfológicos de los especímenes preservados serán utilizadas posteriormente para inferir la evolución de cada linaje, y una mala interpretación de dichos caracteres provocaría errores en los análisis filogenéticos<sup>585</sup>. Si se parte del hecho de que la morfología de los organismos cambia drásticamente desde el nacimiento hasta los estadios tardíos de la vida de cada ser, una mala interpretación ontogénica de cuerpos fósiles puede llevar, en el peor de los casos, a que los individuos más jóvenes sean clasificados en diferentes taxones que los especímenes viejos.

#### **8.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS**

##### Trabajo individual

Escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°8 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio y realice el mismo procedimiento para la mayor cantidad de especímenes de colección que se incluyen en este laboratorio. Trate de estudiar ejemplares morfológicamente diferentes entre sí.

- Fase de Observación

Detalle las siguientes características del ejemplar:

- 1) ¿Qué tipo de simetría presenta el ejemplar, es equivalvo o inequivalvo?
- 2) ¿Cuál es la forma de la concha?
- 3) ¿Cuál es el grosor de la concha?
- 4) ¿Qué tan demarcada está la curvatura del umbón? ¿Cuál es su inclinación?
- 5) ¿Observa las líneas de crecimiento?

---

<sup>585</sup> Bodnar, J., & Coturel, E. P. El origen y diversificación del crecimiento cambial atípico en plantas fósiles: procesos del desarrollo involucrado. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 47 (1-2), 20-36. 2012

- 6) ¿La concha presenta algún tipo de ornamentación? Ver Figura 7.7
- 7) ¿Observa las impresiones musculares en el interior de la valva?
- 8) ¿Puede apreciar la línea paleal?
- 9) ¿El espécimen presenta fosetas y dientes?
- 10) ¿Qué tipo de charnela observa?

- Fase de Descripción

Realice un dibujo del fósil seleccionado en donde indique todas las características morfológicas identificadas y los detalles del fósil, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible; recuerde dibujar las vistas dorsal, exterior e interior de una valva para precisar mejor todas las estructuras que conforman la muestra. Posteriormente, realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

- 1) Identifique las características morfológicas de la concha del ejemplar estudiado.
- 2) Establezca cuál es la valva derecha y cuál es la izquierda.
- 3) Determine la posición de la salida de los sifones y del pie.
- 4) Indique el modo de vida del espécimen teniendo en cuenta la morfología del individuo.
- 5) Realice las mediciones estándares para los bivalvos. Ver Figura 7.8

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros. Realicen entre todos el siguiente ejercicio de variación ontogénica con especímenes fósiles.

Seleccione uno de los especímenes de mayor tamaño en el cual se pueda observar tanto su forma general como sus características más particulares o estructuras de mayor detalle.

- 1) Escoja las medidas que va a utilizar para estudiar los ejemplares. Empiece haciendo un listado de las características del fósil o de las conchillas que sean cuantificables. Estas medidas tienen que tener un significado respecto al desarrollo ontogénico, por ejemplo, el crecimiento de las valvas, del caparazón o de apéndices ilustran claramente el desarrollo ontogénico.
  
- 2) Construya una tabla en la que incluya para cada espécimen cada una de las mediciones. Realice la sumatoria y promedio para cada medida como la que se muestra a continuación (Tabla 1).
  
- 3) Ordene los especímenes por tamaño del más grande al más pequeño y con ayuda del calibrador realice cada una de las mediciones, sea cuidadoso y no olvide registrar las medidas en la tabla.

Tabla 1. Ejemplo de las medidas a tomar para diferentes ejemplares de la clase Bivalvia.

Espécimen	Espesor	Longitud	Altura
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Sumatoria			
Promedio			

- 4) Realice una regresión lineal simple, de tal manera que debe escoger una variable independiente y una dependiente, realice las correspondientes sumatorias de variables como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Cálculos a realizar para hacer la regresión lineal

Espécimen	Variable independiente X (Longitud total)	Variable dependiente Y (Altura total)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
	Sum X=	Sum Y =
	Sun X2=	Sum Y2=
	(Sum X)2=	(Sum Y)2= Sum XY=

$$Y=mx+b$$

$$m = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad b = \frac{\sum y - m \sum x}{n} \quad \text{Donde } n \text{ es la cantidad de datos}$$

$$r^2 = \frac{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}{[n \sum xy - (\sum x)(\sum y)]^2}$$

- 5) Realice el mismo procedimiento para otras variables independientes y dependientes.
- 6) ¿Qué significa una regresión lineal igual a 1?
- 7) ¿Existe correlación entre las variables elegidas? ¿Cómo explica los resultados?  
¿El hecho de estudiar muestras fósiles altera los resultados?
- 8) ¿Qué significa el resultado obtenido por la regresión? ¿Cómo lo explica?

## 8.5 BIBLIOGRAFÍA

Barberis, L. M. *Crecimiento Ontogénico Conjunto y Aplicaciones*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Córdoba, España. ca. 2013

Bodnar, J., & Coturel, E. P. El origen y diversificación del crecimiento cambial atípico en plantas fósiles: procesos del desarrollo involucrado. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 47 (1-2), 20-36. 2012

Bogan, A. E., & Alderman, J. M. *Workbook and Key to the Freshwater Bivalves of South Carolina*. Revised Second Edition. 2008

Brink, L. A. Mollusca: Bivalvia. En A. L. Shanks (Ed.), *Identification Guide to Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest* (pp. 129-149). Oregon: Oregon State University Press. 2001

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Concha, M. Ontogenia de la Forma en los Seres Vivos. *Estudios Público*, 128, 211-226. 2012

Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, G. *Invitación a la biología* (6ª ed. en español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

Díaz, P., & Campos, B. Ontogenia de la concha larval y postlarval de cuatro especies de bivalvos de la costa del Pacífico sureste. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49 (2), 175-191. 2014

Fernández-Álamo, M. A., & Rivas, G. Bivalvos. En M. A. Fernández-Álamo & G. Rivas (Eds.), *Niveles de organización en animales*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

Flores-Garza, R., López-Rojas, V., Flores-Rodríguez, P., & Torreblanca, C. Diversity, Distribution and Composition of the Bivalvia Class on the Rocky Intertidal Zone of Marine Priority Region 32, Mexico. *Open Journal of Ecology*, 4, 961-973. 2014

Germann, D. P., Schatz, W., & Hotz, P. E. Artificially evolved functional shell morphology of burrowing bivalves. *Palaeontologia Electronica*, 17, 1-25. 2013

Gillikin, D. P. *Geochemistry of Marine Bivalve Shells: the potential for paleoenvironmental reconstruction*. (Tesis doctoral). Vrije Universiteit Brussel, Belgium. 2005

Gosling, E. *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Oxford: Fishing News Books. 2003

Hahn, S., Rodolfo-Metalpa, R., Griesshaber, E., Schmahl, W.W., Buhl, D., Hall-Spencer, J.M.,...Immenhauser, A. Marine bivalve shell geochemistry and ultrastructure from modern low pH environments: environmental effect versus experimental bias. *Biogeosciences*, 9, 1897–1914. 2012

Hill, R.W., Wyse, G.A., & Anderson, M. *Fisiología Animal*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

Jones, R. W. *Applied Palaeontology*. Cambridge: Cambridge University Press. 2006

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

Milsom, C., & Rigby, S. *Fossils at a Glance* (2<sup>nd</sup> ed.). New Jersey: Willey-Blackwell Publishing. 2010

Ponder, W. F., & Lindberg, D. R. (Eds.) *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. Los Angeles: University of California Press. 2008

Purchon, R. D. *The Biology of the Mollusca* (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford: Pergamon Press, Ltd. 1997

Morton, B. Feeding and Digestion in Bivalvia. En A. S. M. Saleuddin & K. M. Wilbur (Eds.), *The Mollusca: Physiology, Part 2* (pp. 65-131). New York: Academic Press, Inc. 1983

Sälgeback, J. Functional Morphology of Gastropods and Bivalves. *Acta Universitatis Upsaliensis*, 1-31. 2006

Saxena, A. *Text Book of Mollusca*. New Delhi: Discovery Publishing House. 2005

Tola, J. *Atlas básico de zoología*. Barcelona: Parramón Ediciones, S.A. 2003

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

Yan, H., Chen, J., & Xiao, J. A review on bivalve shell, a tool for reconstruction of paleo-climate and paleo-environment. *Chinese Journal of Geochemistry*, 33 (3), 310-315. 2014

## **9. LABORATORIO N°8: CLASE GASTERÓPODA Y CLASE CEFALÓPODA**

### **9.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los filos Gasterópoda y Cefalópoda para facilitar el reconocimiento en campo de los organismos fósiles pertenecientes a estos filos.
- Estudiar la clasificación taxonómica de los Gasterópodos y Cefalópodos para identificar las características y diferencias morfológicas existentes entre las diversas clases que conforman los filos e identificar los taxones más importantes para los estudios paleontológicos.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su modo de vida y adaptación al medio ambiente en que se desarrollaron.
- Reconocer los fósiles de Gasterópodos y Cefalópodos como una herramienta importante para realizar interpretaciones paleobiogeográficas y entender su aplicación en estudios bioestratigráficos y paleoecológicos.

### **9.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandejas N° 9 y 10 del laboratorio de paleontología, que incluyen especímenes fósiles de Gasterópodos y Cefalópodos respectivamente.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

## 9.3 MARCO TEÓRICO

**9.3.1 Clase gasterópoda.** Los gasterópodos aparecieron en el Cámbrico<sup>586, 587</sup> y constituyen el grupo más abundante y variable de todos los moluscos, en el cual se incluyen los caracoles, lapas y babosas<sup>588, 589, 590</sup>. Han logrado una adaptación y una dispersión ecológica muy amplia pues aunque son predominantemente marinos, están igualmente representados en las aguas continentales y en la tierra. Los gasterópodos marinos abundan en aguas someras, sin embargo, hay muchas especies que viven en aguas profundas y hay también algunos especímenes que han logrado un modo de vida totalmente pelágico<sup>591, 592</sup>.

9.3.1.1 Morfología y fisiología: Una de las principales características de los gasterópodos es que han perdido la simetría bilateral distintiva de otros moluscos debido a un curioso proceso anatómico de desarrollo llamado torsión, en el cual el cuerpo del animal realiza un giro de 180° con respecto al céfalo-pie<sup>593, 594, 595</sup>; después de la torsión, algunos órganos se reducen de tamaño o desaparecen de un lado del cuerpo. Es importante diferenciar este proceso de la formación de una concha helicoidal, ya que la torsión ocurre durante el desarrollo embrionario<sup>596</sup> mediante la contracción de músculos retractores larvarios, en donde todo el proceso se completa en unos pocos minutos (Marshall & Williams, 1985).

---

<sup>586</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>587</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>588</sup> Chase. R. Behavior and It's Neural Control in Gastropod Molluscs. Oxford: Oxford University Press. 2002

<sup>589</sup> Olivares, A. N. Sistemática molecular del género Fissurella en el Pacífico Sudoriental. Galicia, España: Universidad de Santiago de Compostela. 2007

<sup>590</sup> Roca-Pacheco, L. Fósiles de Gasterópodos, otra Forma de Entender el Pasado. Museo Cerralbo, 1-26. 2009

<sup>591</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, Op. Cit.

<sup>592</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>593</sup> Chase. Op. Cit.

<sup>594</sup> Olivares, Op. Cit.

<sup>595</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>596</sup> Campbell, A., & Reece, B. Biología (7ª ed.). Madrid: Editorial Medica Panamericana. 2007

Poseen en su mayoría una concha univalva de aragonito o calcita<sup>597</sup> generalmente enrollada en espiral en la que puede retraerse el animal, aunque hay especies en las que ésta característica ha desaparecido; el cuerpo consta ventralmente de un pie muy desarrollado y una cabeza bien diferenciada en donde se ubican los estatocistos, tentáculos (a veces con células olfativas)<sup>598</sup> y ojos con un alto grado de desarrollo pero que solo detectan cambios en la intensidad de la luz<sup>599</sup>; el pie y el céfalo (cabeza) conservan una simetría bilateral respecto al eje antero-posterior<sup>600</sup>. La mayoría de gasterópodos poseen una rádula, presentan uno o dos nefridios (órganos excretores) y el manto forma una cavidad en cuyo interior se sitúan los ctenidios (branquias)<sup>601</sup>, a través de los cuales se lleva a cabo la respiración en la mayoría de gasterópodos<sup>602</sup> (Figura 8.1).

El sistema circulatorio de estos moluscos es abierto y el corazón se ubica en la superficie dorsal, en una región conocida como pericardio<sup>603</sup>; por otro lado, pueden presentar una forma primitiva de reproducción en donde los sexos están separados y la fecundación ocurre de manera externa, o pueden igualmente exhibir hermafroditismo con fecundación interna<sup>604</sup> (Figura 8.1).

---

<sup>597</sup> Roca-Pacheco, Op. Cit.

<sup>598</sup> Tola, Op. Cit.

<sup>599</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, 2006, Op. Cit.

<sup>600</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

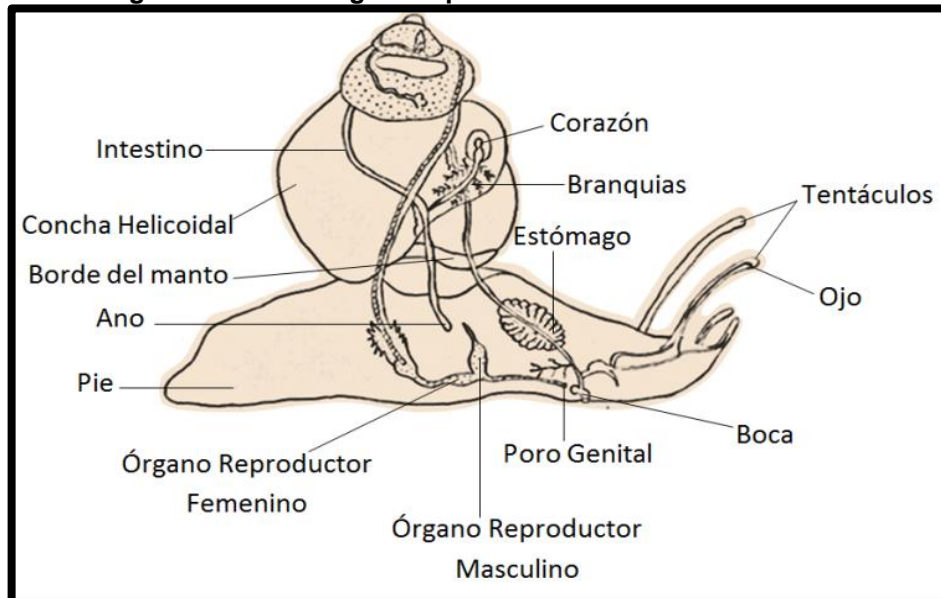
<sup>601</sup> Roca-Pacheco, Op. Cit.

<sup>602</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>603</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>604</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, Op. Cit.

**Figura 8.1. Morfología interna de un gasterópodo.**



Fuente: Autor

9.3.1.2 Morfología de la concha: En la mayoría de gasterópodos la concha es secretada por el manto<sup>605</sup>, exteriormente está recubierta por una cutícula que raramente fosiliza, mientras que su interior se halla tapizado de nácar<sup>606</sup>. El crecimiento de la concha se origina en el ápice y se da por la acreción sucesiva de nuevas vueltas o espirales en el extremo anteriormente formado, mediante una línea conocida como sutura. Éstas vueltas suelen enrollarse alrededor de un eje central y frecuentemente las partes internas de cada una se fusionan entre sí, formando una estructura conocida como columela; en estos casos se habla de una concha imperforada, mientras que aquellas en las que no se presenta la fusión interna de las vueltas se llaman conchas perforadas, pues se forma una estructura central hueca conocida como ombligo<sup>607</sup> (Figura 8.2 y Figura 8.3).

Cada vuelta es más grande que la anterior y pueden producirse tanto en el sentido de las manecillas del reloj (dextrógiras) como hacia el lado opuesto (levógiras o

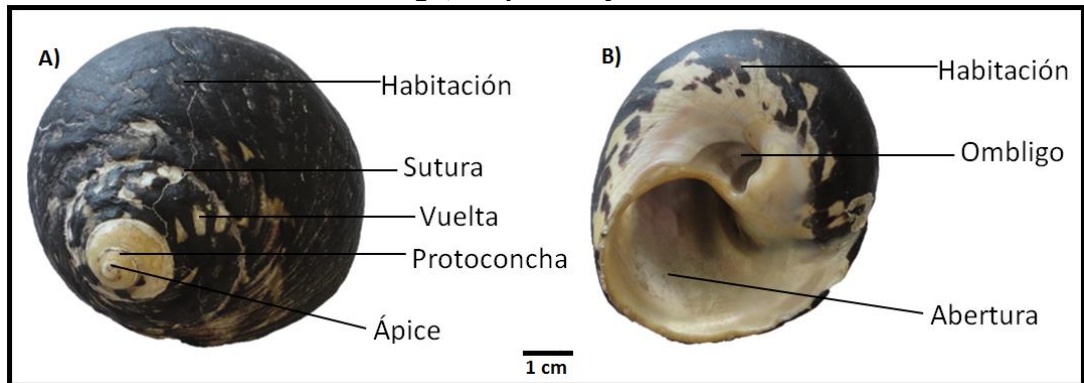
<sup>605</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>606</sup> Roca-Pacheco, Op. Cit.

<sup>607</sup> Woods, Op. Cit.

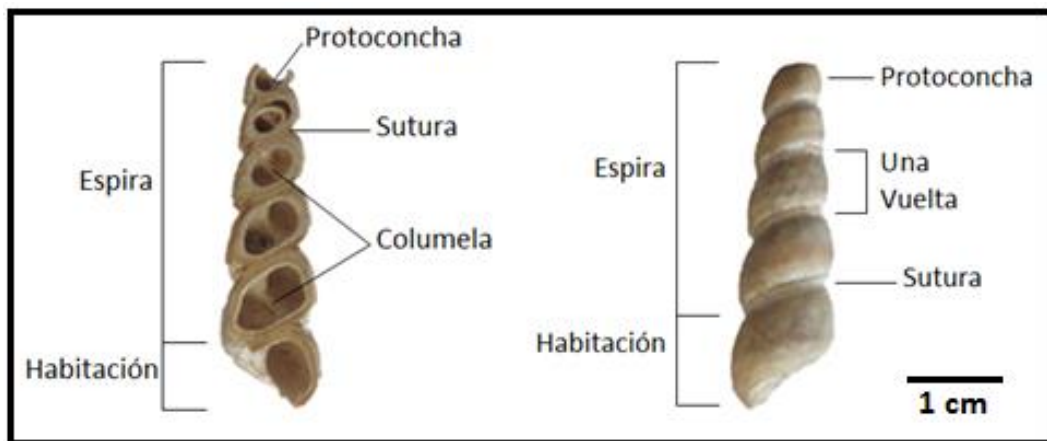
sinestrales); en la última vuelta (habitación), por medio de la abertura, se asoma el pie y la cabeza del organismo y puede presentarse una prolongación llamada canal sifonal, por la que se desliza el sifón en caso de existir (Figura 8.4).

**Figura 8.2. Morfología de una concha perforada. (A) Vista superior en donde se observa el ápice, la protoconcha, vueltas, suturas y la habitación del organismo. (B) vista inferior de la concha en donde se detalla el ombligo, la abertura y la habitación.**



Fuente: Autor.

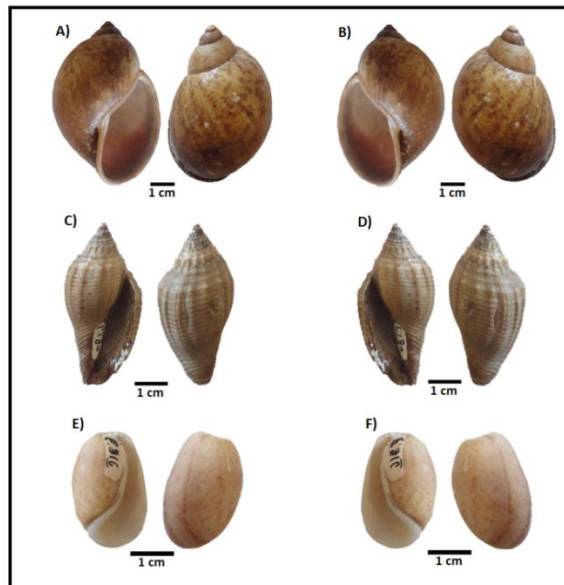
**Figura 8.3. Morfología de una concha imperforada. (A) Corte transversal de la concha, se observa la protoconcha, espira, columela, suturas y la habitación del organismo. (B) Vista frontal de la concha.**



Fuente: Autor

La abertura se forma a su vez por un labio interno y uno externo que en algunos casos exhibe estructuras conocidas como dientes,<sup>608, 609</sup> (Figura 8.5); todas las demás vueltas, incluido el ápice, forman la espira, que varía de forma y tamaño según el género y la especie<sup>610</sup> (Figura 8.6). El gasterópodo puede esconder su cuerpo dentro de la concha en caso de peligro gracias a la torsión de su cuerpo, el cual es un mecanismo de evolución; así mismo, la concha puede o no presentar un opérculo, una placa ubicada en la abertura que se cierra cuando se oculta el animal<sup>611</sup>. La mayoría de conchas están ornamentadas, ya sea por estrías espirales, costillas, o espinas<sup>612</sup>.

**Figura 8.4. Sentido de las vueltas y presencia del canal sifonal en la concha de los gasterópodos. (A) Dextrógira Holostomada. (B) Levógira Holostomada. (C) Dextrógira Sifonostomada. (D) Levógira Sifonostomada. (E) Involuta Holostomada. (F) Involuta Holostomada, en donde la última vuelta cubre las demás.**



Fuente: Autor

<sup>608</sup> Kumar, Op. Cit.

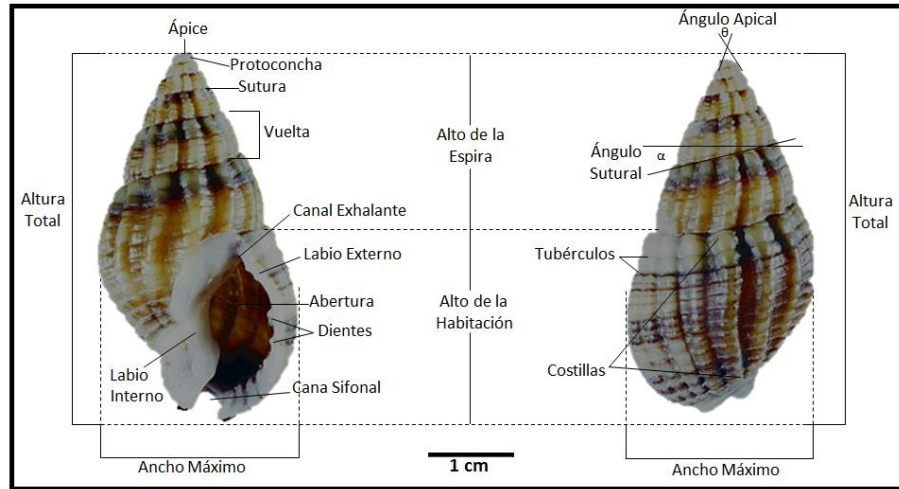
<sup>609</sup> Roca-Pacheco, Op. Cit.

<sup>610</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>611</sup> Tola, Op. Cit.

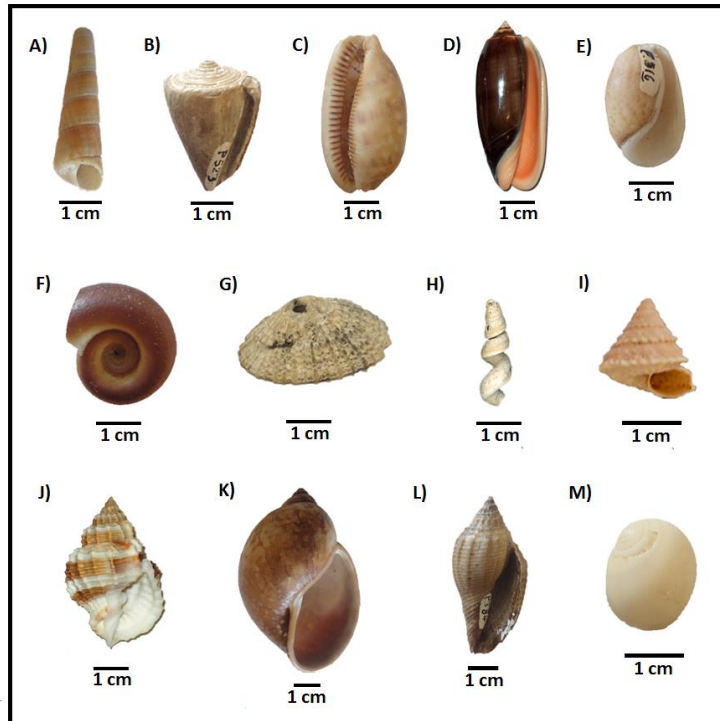
<sup>612</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

**Figura 8.5. Fotografía de una concha sifonostomada**



Fuente: Autor

**Figura 8.6. Terminología de la forma de la concha de los gasterópodos. (A) Turriteliforme. (B) Bicónica. (C) Convoluta. (D) Oval. (E) Bulloide. (F) Planospiral. (G) Patelliforme. (H) Irregular. (I) Trochiforme. (J) Canceolada. (K) Turbinada. (L) Fusiforme. (M) Globosa.**



Fuente: Autor.

9.3.1.3 Desarrollo del pie: El desarrollo del pie varía dependiendo la especie, típicamente presenta una superficie ventral plana y alargada que puede producir la fijación o puede estar desarrollada para el movimiento, en ambos casos, interviene la secreción de una sustancia mucosa de la glándula pedia<sup>613</sup>,<sup>614</sup>; sin embargo, modificaciones en el pie son características de los gasterópodos que excavan o nadan<sup>615</sup>. El típico movimiento reptante de estos animales se logra por la actividad muscular en el pie, mientras que las especies dulceacuícolas utilizan el movimiento de pequeños cilios para desplazarse<sup>616</sup>.

9.3.1.4 Alimentación: La mayoría de los gasterópodos utilizan su rádula con numerosos dientes dispuestos en hileras<sup>617</sup>,<sup>618</sup> para alimentarse de algas o plantas, sin embargo, muchos grupos son depredadores y su rádula está modificada para perforar las conchas de otros moluscos o para despedazar sus presas<sup>619</sup>, en algunos casos, como el caracol cónico, los dientes de la rádula forman dardos venenosos que utiliza para capturar el alimento<sup>620</sup>. El sistema digestivo se compone de una faringe muscular, esófago, estómago, un intestino largo y un ano<sup>621</sup>.

9.3.1.5 Clasificación: Tradicionalmente los gasterópodos han sido clasificados en función de su concha, es decir, teniendo en cuenta la forma, tamaño y ornamentación de esta<sup>622</sup>; tiempo después, con el conocimiento de estructuras internas como branquias, aurículas y sistema nervioso, se han creado nuevos

---

<sup>613</sup> Tola, Op. Cit.

<sup>614</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>615</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>616</sup> Monge-Nájera, J. Moluscos. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica. 1997

<sup>617</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>618</sup> Tola, Op. Cit.

<sup>619</sup> Walker, S. E. Traces of Gastropod Predation Molluscan Prey in Tropical Reef Environments. En W. Miller (Ed.), Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects (pp. 324-340). Amsterdam: Elsevier B.V. 2007

<sup>620</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>621</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>622</sup> Roca-Pacheco, Op. Cit.

grupos taxonómicos<sup>623</sup> que varían dependiendo el autor y que han sido objeto de controversia durante años. En este documento se tomará la clasificación taxonómica más utilizada, teniendo en cuenta las descripciones de Monge-Nájera<sup>624</sup>, Purchon<sup>625</sup>, Chase<sup>626</sup>, Padilla & Cuesta<sup>627</sup> y Turek<sup>628</sup> et al.

- Prosobranquios: Gasterópodos principalmente marinos de sexos separados; presentan conchas perforadas y una cavidad paleal con dos branquias ubicadas delante del corazón y una concha casi siempre operculada.
- Opistobranquios: Aparecieron en el Carbonífero inferior; son caracoles marinos hermafroditas que han sufrido un fenómeno secundario de detorsión (proceso de torsión incompleto), tienen una branquia detrás del corazón y una concha reducida o ausente.
- Pulmonados: Incluye los caracoles y babosas terrestres o de agua dulce, son hermafroditas, no poseen branquias pero las paredes de la cavidad paleal son ricas en vasos sanguíneos, lo que permite el intercambio gaseoso; en el caso de presentar concha, suele ser helicoidal no operculada.

9.3.1.6 Importancia del registro fósil: Las formas fósiles de gasterópodos son características del Paleozoico<sup>629</sup> y son un componente importante en el registro geológico ya que han sido utilizadas para realizar diversos estudios tafonómicos; sin embargo, los fósiles de esta clase de moluscos son interpretados principalmente mediante la analogía con otros gasterópodos vivientes<sup>630</sup> y las

---

<sup>623</sup> Olivares, Op. Cit.

<sup>624</sup> Monge-Nájera, Op. Cit.

<sup>625</sup> Purchon, Op. Cit.

<sup>626</sup> Chase. Op. Cit.

<sup>627</sup> Padilla. F., & Cuesta, A. E. Zoología aplicada. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2003

<sup>628</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>629</sup> Quiróz-Barroso, S. A., Sour-Tovar, F., Centeno, E. Gasterópodos y bivalvos cisuralianos (Pérmico inferior) de Otlamalacatla, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29 (1), 158-178. 2012

<sup>630</sup> Jones, Op. Cit.

investigaciones se han centrado principalmente en la caracterización de ambientes particulares<sup>631</sup>.

El registro fósil de estos animales es ideal para realizar estudios bioestratigráficos pues se conoce mucho sobre su historia evolutiva, lo cual facilita la correlación de los restos mineralizados con ciertos intervalos de tiempo: la diversificación de los gasterópodos ocurrió durante el Ordovícico y en el transcurso del Carbonífero ya habían colonizado los ambientes dulceacuícolas y probablemente el medio terrestre; durante el Pérmico se redujo dramáticamente el número de individuos de esta clase a causa de la extinción masiva ocurrida durante este periodo geológico, finalmente, las formas terrestres se diversificaron aceleradamente durante el descenso del nivel del mar a finales del Jurásico; así mismo, muchos fósiles están restringidos en ciertas regiones biogeográficas, haciendo de los gasterópodos un grupo fósil significativo para realizar caracterizaciones de provincias paleobiogeográficas<sup>632</sup>.

Son igualmente importantes para realizar estudios paleoecológicos de las comunidades bentónicas del pasado<sup>633</sup> pues proveen importante evidencia sobre el sustrato y perturbaciones del medio<sup>634</sup>; además, la variación en forma y tamaño de la concha puede informar sobre las condiciones ambientales y energía del medio, el tamaño de la concha, su grosor, el índice de calcificación y la ornamentación están inversamente relacionadas con el grado de exposición y directamente asociadas con el grado de protección al oleaje, por eso, una misma

---

<sup>631</sup> Gómez, Buitrón, & Vachard, Op. Cit.

<sup>632</sup> Jones, Op. Cit.

<sup>633</sup> Guerra-Merchán, A., Palmqvist, P., Lozano, M. C., Vera, J. L., & Triviño, A. Análisis Sedimentológico y Paleoecológico del Yacimiento Plioceno de Parque Antena (Estepona, Málaga). *Revista Española de Paleontología*, 11 (2), 226-234. 1996

<sup>634</sup> Jones, Op. Cit.

especie puede presentar diversas formas dependiendo el entorno en que habitaron sus individuos<sup>635</sup>.

Los restos fósiles de otros invertebrados han proporcionado igualmente información valiosa sobre estos organismos, las trazas más características de la actividad depredadora de gasterópodos son las perforaciones redondeadas sobre las conchas de otros moluscos hechas por la rádula a través de una combinación de procesos mecánicos y químicos. Finalmente, el estudio de las variaciones taxonómicas latitudinales de la fauna fósil de gasterópodos marinos puede proporcionar indicios de la existencia de gradientes climáticos ya que algunas especies han sido utilizadas como indicadores de condiciones paleoclimáticas particulares<sup>636</sup>.

**9.3.2 Clase cefalópoda.** Los cefalópodos presentan grandes cambios en su morfología respecto al molusco ancestral que los han convertido en los animales más evolucionados del filo y en el grupo de invertebrados más complejo del reino animal<sup>637, 638, 639</sup>; en este se incluyen los pulpos, nautilus, sepias, calamares y los extintos belemnites, ammonites y goniatites<sup>640</sup>.

---

<sup>635</sup> Martinell, J., Checa, A., Doménech, R., Gili, C., Olóriz, F., & Rodríguez-Tovar, F. J. Clase Gasterópoda. En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 285-300). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

<sup>636</sup> Martinell, Checa, Doménech, Gili, Olóriz, & Rodríguez-Tovar, Op. Cit.

<sup>637</sup> Curtis, Barnes, Schineck, & Flores, Op. Cit.

<sup>638</sup> Nishiguchi, M. K., & Mapes, R. H. Cephalopoda. En W. F. Ponder & D. R. Lindberg (Eds.), *Phylogeny and Evolution of the Mollusca* (pp. 163-200). Los Ángeles: University of California Press. 2008

<sup>639</sup> Olóriz F., & Rodríguez-Tovar, F. Clase Cephalopoda. En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados*. Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

<sup>640</sup> Woods, Op. Cit.

Todos los cefalópodos actuales son marinos y los fósiles hallados indican que siempre lo fueron<sup>641</sup>, son en su mayoría pelágicos aunque existen algunas especies bentónicas<sup>642</sup>, habitan zonas poco profundas pero pueden encontrarse algunos en la zona batipelágica<sup>643</sup>. Son los únicos moluscos que poseen un sistema circulatorio cerrado en donde se diferencia una red de arterias y capilares bastante extensa<sup>644</sup>; poseen igualmente órganos sensoriales bien desarrollados, un cerebro complejo<sup>645, 646</sup> y una cabeza bien definida con ojos conspicuos y con un círculo de brazos (tentáculos) alrededor de la boca que son utilizados para la alimentación o locomoción<sup>647</sup> (Figura 8.7).

9.3.2.1 Fisiología: El cuerpo de los cefalópodos posee simetría bilateral y puede dividirse en dos partes, una anterior llamada cefalopodio, que consta de la cabeza; y una parte posterior en donde se ubica la masa visceral y las branquias del animal; el espacio entre estas dos se llama cavidad paleal<sup>648, 649</sup>.

El manto se forma por un pliegue simple de la piel y se encarga de recubrir la masa visceral y las branquias del organismo<sup>650</sup>, estas últimas, aunque no están tan bien desarrolladas como en los bivalvos, poseen un mecanismo de ventilación muy complejo en donde el agua circula dentro de la cavidad paleal para luego ser expulsada con fuerza a través del hipónimo (sifón en los cefalópodos) gracias a la contracción de las paredes del manto<sup>651</sup>, este método también permite que el

---

<sup>641</sup> Milsom, & Rigby, Op. Cit.

<sup>642</sup> Grande, C., & Zardoya, R. Moluscos. En P. Vargas & R. Zardoya (Eds.), El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos (pp. 211-221). Madrid. 2012

<sup>643</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>644</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>645</sup> Hanlon, R. T., & Messenger, J. B. Cephalopod Behaviour. Cambridge: Cambridge University Press. 1996

<sup>646</sup> Vecchione, M. Cephalopods. National Marine Fisheries Service & National Museum of Natural History, 150-166. 2013

<sup>647</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>648</sup> Guerra-Sierra, A. Fauna Iberica, Vol. 1: Mollusca Cephalopoda. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales & Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1992

<sup>649</sup> Milsom, & Rigby, Op. Cit.

<sup>650</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>651</sup> Woods, Op. Cit.

animal se desplace por propulsión a chorro<sup>652, 653, 654</sup>, apuntando el sifón en diferentes direcciones para orientar su desplazamiento<sup>655</sup>. En estos moluscos, parte de los tentáculos (que solo se desarrollan en etapas tempranas de algunas especies), la cabeza y el sifón exhalante han sido modificaciones del pie<sup>656, 657, 658</sup> (Figura 8.7).

9.3.2.2 Alimentación: Son depredadores activos, utilizan sus tentáculos para atrapar a sus presas y llevarlas posteriormente a la boca, ubicada en el bulbo bucal (en la base de los brazos) y compuesta por una rádula con dos mandíbulas quitinosas en forma de pico que inyecta un veneno paralizante a la presa para facilitar su ingesta; después, el alimento pasa al esófago y luego al estómago en donde se lleva a cabo la digestión<sup>659, 660, 661, 662, 663</sup>.

---

<sup>652</sup> Levy, S. B. Morfología Funcional en Cefalópodos y Trilobites. Revista Aldaba, 6, 57-62. 1986

<sup>653</sup> Hill, Wyse, & Anderson, Op. Cit.

<sup>654</sup> Grande, & Zardoya, Moluscos. En Vargas & Zardoya, Op. Cit.

<sup>655</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>656</sup> Grande, & Zardoya, Moluscos. En Vargas & Zardoya, Op. Cit.

<sup>657</sup> Guerra, A. Estrategias Evolutivas de los Cefalópodos. Investigación y Ciencia, 50-59. 2006

<sup>658</sup> Starr, Taggart, Evers, & Starr, 2013, Op. Cit.

<sup>659</sup> Guerra-Sierra, Op. Cit.

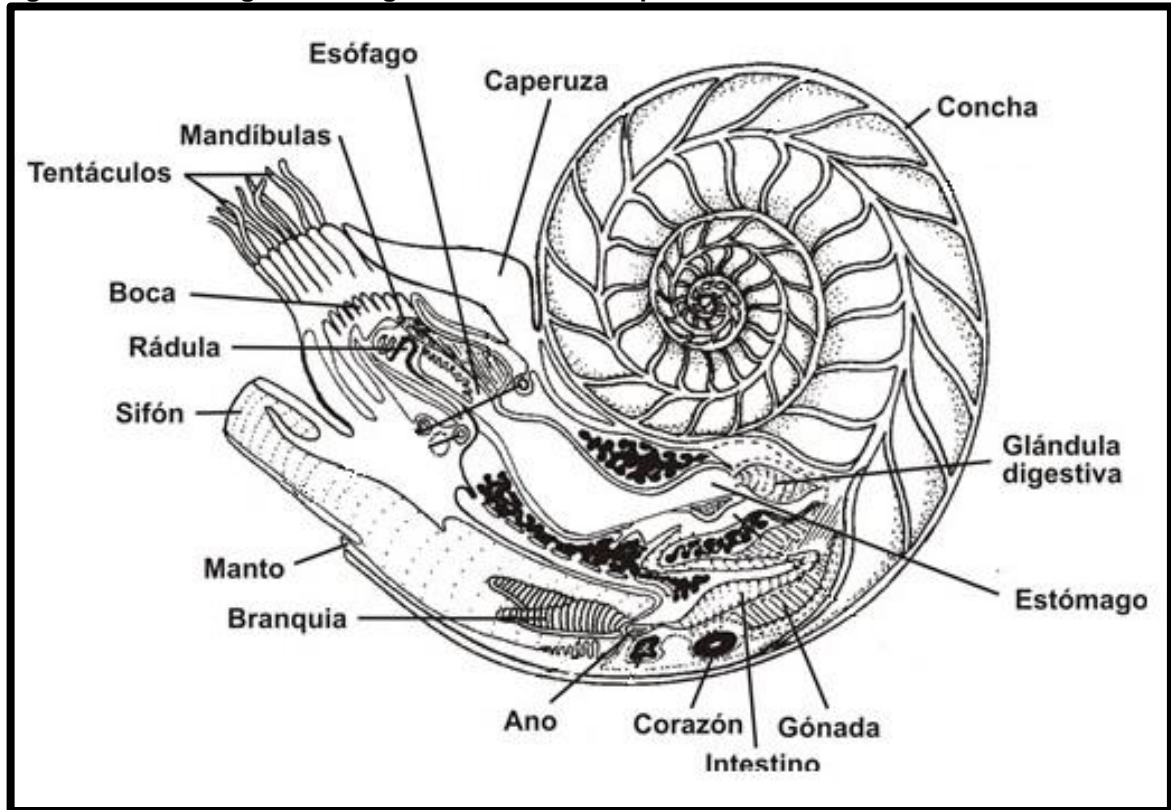
<sup>660</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>661</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>662</sup> Starr, Taggart, Evers, & Starr, 2013, Op. Cit.

<sup>663</sup> Vecchione, Op. Cit.

Figura 8.7. Morfología interna general de un cefalópodo.



Fuente: Biodidac. Cefalópodos. en <http://www.asturnatura.com/moluscos/cefalopodos.html>

9.3.2.3 Reproducción: En los cefalópodos los sexos siempre están separados, muestran un dimorfismo externo<sup>664</sup> y la fecundación ocurre de manera interna<sup>665</sup> cuando el macho transfiere por medio de sus tentáculos paquetes de espermatozoides (llamados espermatóforos) desde su cavidad paleal hasta la cavidad paleal de la hembra, la cual produce una sustancia gelatinosa en la que se conservan los huevos hasta que son liberados<sup>666</sup>. Los organismos jóvenes poseen una concha primaria llamada protoconcha<sup>667, 668</sup>.

<sup>664</sup> Díaz, J. M., Ardila, N., & Gracia, A. Calamares y Pulpos (Mollusca: Cephalopoda) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 1 (2), 195-201. 2000

<sup>665</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>666</sup> Tola, Op. Cit.

<sup>667</sup> Arnold, J. M. Cephalopods. En A. S. Tompa (Ed.), *The Mollusca Vol. 7: Reproduction* (pp. 419-450). Orlando, Florida: Academic Press, Inc. 1984

<sup>668</sup> Boyle, P., & Rodhouse, P. *Cephalopods: Ecology and Fisheries*. Oxford: Blackwell Publishing. 2005

9.3.2.4 Morfología de la concha: Los cefalópodos con concha fueron abundantes en el pasado, hoy en día sólo el nautilus posee una verdadera concha externa y los demás especímenes carecen de ella o presentan una concha interna reducida<sup>669, 670, 671</sup>, la cual está ubicada en un saco formado por el manto en la parte dorsal del animal<sup>672</sup>. La ausencia de la concha es un mecanismo de evolución ya que le da al manto mayor flexibilidad, lo que facilita el desplazamiento a grandes velocidades por medio de la propulsión a chorro<sup>673</sup>.

En el interior de la concha existen numerosas particiones transversales llamadas tabiques que dividen la concha en una serie de cámaras, las cuales incrementan de tamaño hacia la apertura. El cuerpo del animal ocupa únicamente la cámara más externa, mientras que las demás cámaras están llenas de gas y actúan como órganos de flotación<sup>674, 675</sup>. La concha crece por adición de materiales en el margen de la apertura, después de un tiempo el organismo secreta un nuevo tabique y se forma por consiguiente una nueva cámara<sup>676</sup>.

Todas las cámaras de aire están atravesadas por una prolongación tubular del cuerpo que contiene arterias, conocida como sifúnculo, que se encarga del ingreso de líquido a las cámaras<sup>677, 678</sup>, y cuya posición varía dependiendo el género: puede cortar los tabiques en el centro o hacia la parte externa o interna de estos.

---

<sup>669</sup> Guerra-Sierra, Op. Cit.

<sup>670</sup> Saxena, Op. Cit.

<sup>671</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>672</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>673</sup> Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, Op. Cit.

<sup>674</sup> Jones, Op. Cit.

<sup>675</sup> Fernández-Álamo, & Rivas, Bivalvos. En Fernández-Álamo & Rivas, Op. Cit.

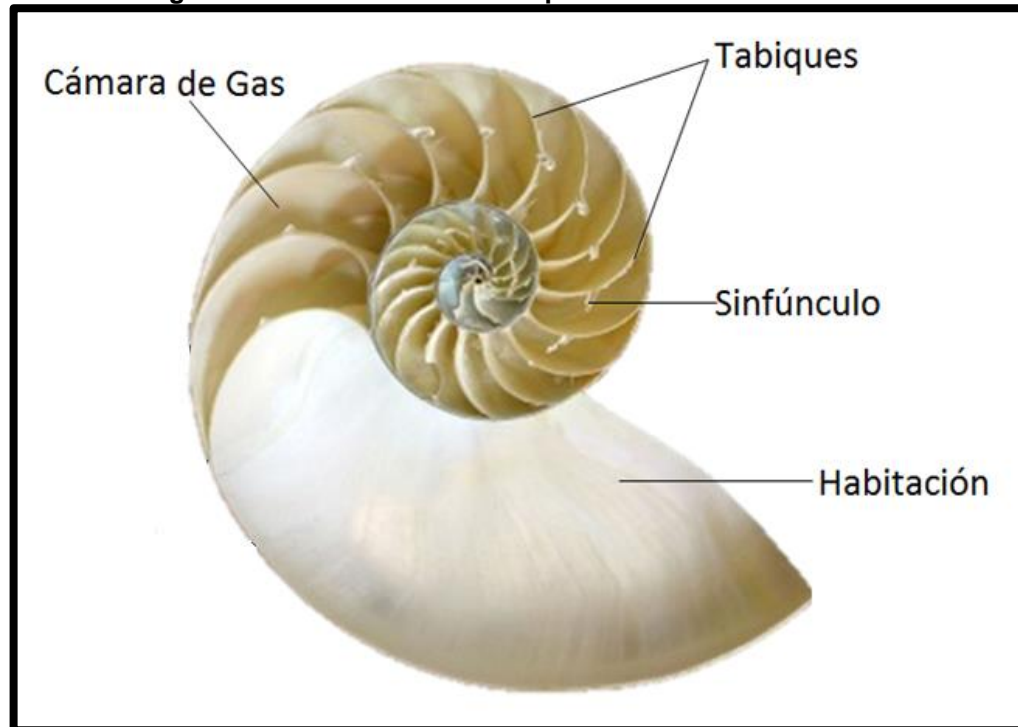
<sup>676</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>677</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>678</sup> Guerra, 2006, Op. Cit.

El lugar en donde el tabique se une con la concha se llama línea de sutura y puede observarse claramente en algunos fósiles<sup>679</sup> (Figura 8.8).

**Figura 8.8. Morfología de la concha de los cefalópodos.**



Fuente: Autor

9.3.2.5 Clasificación: A continuación se presentan los grupos de cefalópodos más importantes y representativos en el registro fósil.

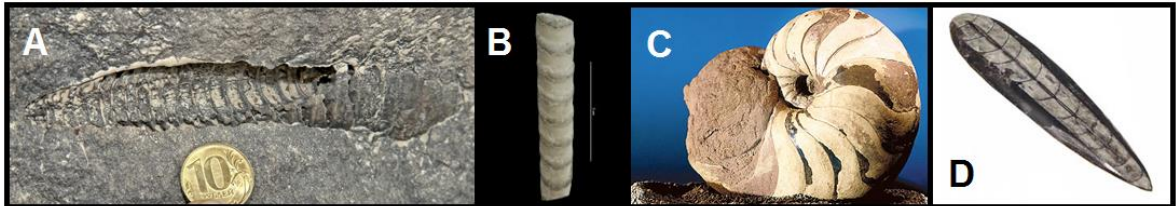
- Subclase Nautiloidea: Los primeros especímenes aparecieron en el Cámbrico superior y proliferaron en el Paleozoico hasta quedar prácticamente extintos en el Mesozoico<sup>680</sup>, hoy en día solo sobrevive el género *nautilus*. En los nautiloideos la concha está presente, es pesada, siempre se presenta de forma

<sup>679</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>680</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, Op. Cit.

externa y puede tener forma recta o en espiral; así mismo, una de sus principales características es la manifestación de suturas simples<sup>681, 682</sup> (Figura 8.9). Estos animales presentan cambios en la flotabilidad debido al control de la cantidad de líquido y gas presente en las cámaras<sup>683</sup>.

**Figura 8.9. Morfología de las conchas de los nautiloideos según la subclase a la que pertenecen. Se observa que pueden tener forma recta o en espiral. (A) *Actinoceratoidea*; (B) *Endocerida*; (C) *Nautilus*; (D) *Orthoceras*.**



Fuente: Autor

- Subclase Ammonoidea: Los amonites aparecieron en el Devónico y se extinguieron a finales del Mesozoico durante la conocida extinción de los dinosaurios<sup>684</sup>, casi todos tienen una simetría bilateral y se caracterizan por poseer una línea de sutura de complejos patrones<sup>685</sup> que varía dependiendo el género y que es importante para realizar estudios sistemáticos (Figura 8.10); los tabiques son también complejos ya que muestran ondulaciones hacia la parte central y en estos organismos el sífinculo se ubica al generalmente al margen externo de la concha. Pueden presentar diferentes formas en su concha (Homomorfos o Heteromorfos) que se relacionan con la flotabilidad<sup>686</sup> (Figura 8.11) y diversos tipos de ornamentaciones como costillas u otros tipos de

<sup>681</sup> Teichert, C. Main Features of Cephalopod Evolution. En M. R. Clarke & E. R. Trueman (Eds.), *The Mollusca Vol. 12: Paleontology and Neontology of Cephalopods* (pp. 11-62). San Diego: Academic Press, Inc. 1988

<sup>682</sup> Milsom, & Rigby, Op. Cit.

<sup>683</sup> Saxena, Op. Cit.

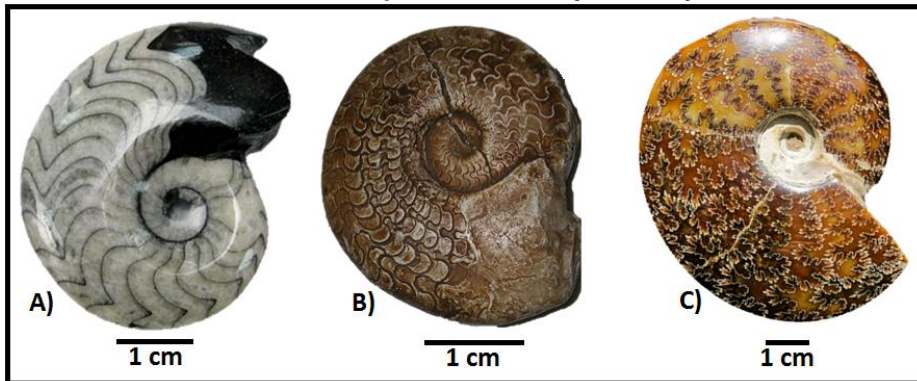
<sup>684</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, Op. Cit.

<sup>685</sup> Milsom, & Rigby, Op. Cit.

<sup>686</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

diseños más desarrollados, sobre todo, en especímenes del Mesozoico que en aquellos del Paleozoico<sup>687</sup> (Figura 8.12 y Figura 8.13).

**Figura 8.10. Diferentes tipos de sutura presentes en los ammonoideos, la complejidad en los patrones fue incrementando a través del tiempo geológico. (A) Sutura Goniatítica: líneas onduladas con inflexiones puntiagudas, presente en el orden Goniatitida (Devónico). (B) Sutura ceratítica: complejas y abundantes ondulaciones visibles en la concha del orden ceratitida (Pérmico-Triásico). (C) Sutura amonítica: patrones denticulados que forman crestas y valles, característica de los especímenes del jurásico y cretácico.**

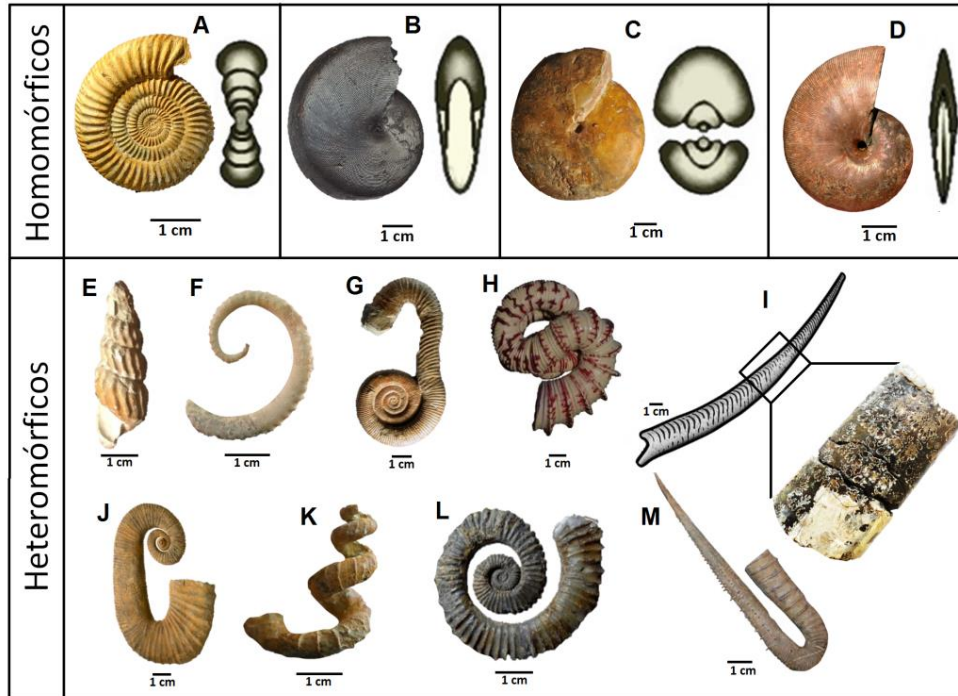


Modificado de varias fuentes.

---

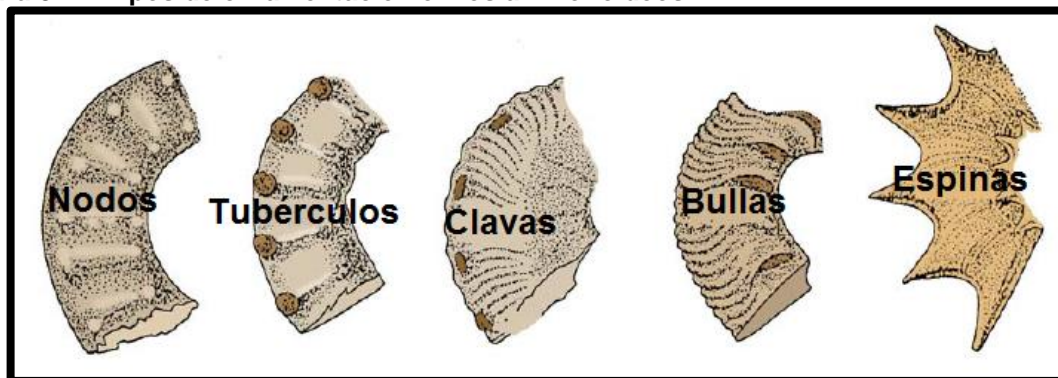
<sup>687</sup> Woods, Op. Cit.

Figura 8.11. Morfología de la concha de los ammonoideos. Conchas homomórficas: A) *Parkinsonia*, forma serpénticónica; B) *Cladiscites*, concha platicónica; C) *Tropites*, Esferocónica; D) *Phylloceras*, oxicónica. Ammonoideos con conchas heteromórficas: E) *Turrilites*, forma turrilítica; F) *Spirocera*, desenvuelta; G) *Macroscaphites*, Ancilócono; H) *Nipponites*, torticónica; I) *Baculites*, bactritico; J) *Heteroceras*, Ancilócono; K) *Hyphantoceras*, trocócono; L) *Aegocrioceras*, giroceratícono; M) *Hamulia*, heterocono.



Fuente: Autor

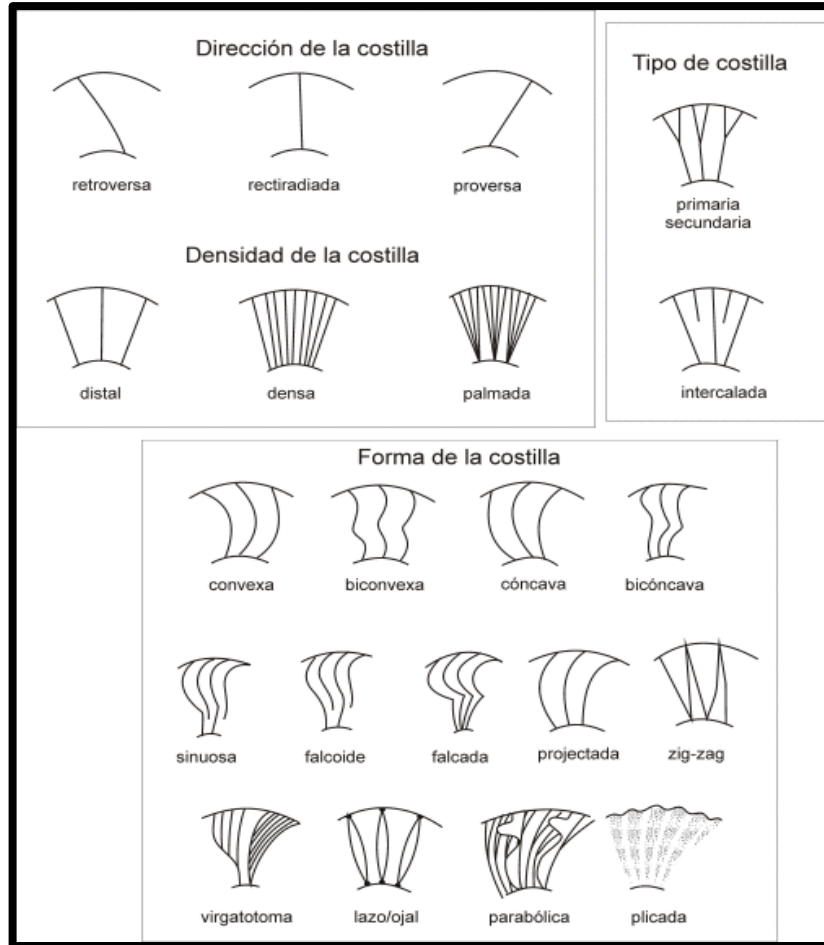
Figura 8.12. Tipos de ornamentación en los ammonoideos.



Fuente:

<http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/paleo/villasenor/ammonoideos/pics/ornamentaciones.gif>

**Figura 8.13. Esquema en donde se ilustra la morfología y terminología referente a las costillas de los ammonoideos.**



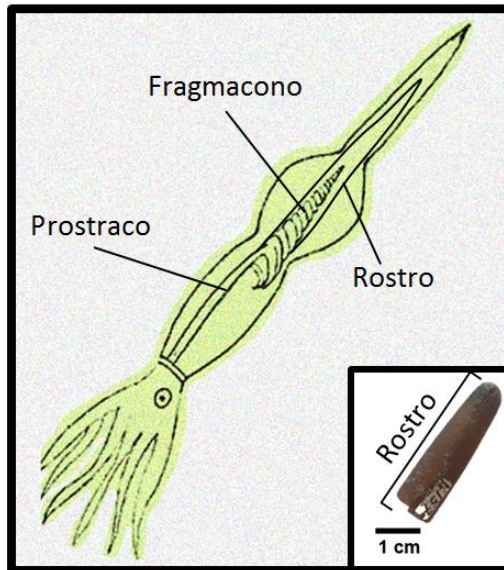
Fuente: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/paleo/villasenor/ammonoideos/>

- Belemnites: Fueron cefalópodos parecidos a las sepias actuales que se extinguieron a finales del Cretácico. La concha de estos organismos consistía de tres partes: el rostro, el fragmocono y el prostraco<sup>688</sup>. El rostro es sólido, varía en forma y tamaño y se preserva mucho más en el registro fósil que las otras partes del animal; el fragmocono es un cono hueco, está dividido en cámaras por tabiques cóncavos atravesados por gruesos sifúnculos, hacia la

<sup>688</sup> Woods, Op. Cit.

parte de este se ubica la protoconcha de material calcáreo. Existe una expansión del fragmacono llamada prostraco<sup>689</sup> (Figura 8.14).

**Figura 8.14. Reconstrucción de la morfología de un belemnites. Se observa el rostro, fragmacono y prostraco.**



Fuente: Autor.

9.3.2.6 Importancia del registro fósil: Los cefalópodos tienen un gran registro fósil que se extiende desde el Cámbrico y son ideales como fósiles índice para subdividir periodos geológicos<sup>690</sup>. Desde el punto de vista paleontológico, los fósiles de cefalópodos pueden dividirse convenientemente en dos grupos de acuerdo a su morfología, los que poseen concha externa y aquellos con concha interna; sin embargo, el registro fósil de estos animales difiere en gran medida de sus contemporáneos<sup>691</sup>.

<sup>689</sup> Fortey, Op. Cit.

<sup>690</sup> Landman, N. H., Davis, R. A., & Mapes, R. H. Cephalopods Present and Past: New Insights and Fresh Perspectives. The Netherlands: Springer. 2007

<sup>691</sup> Teichert. En M. Clarke & Trueman, Op. Cit.

Los goniatítidos y otros ammonoideos son importantes para realizar estudios bioestratigráficos ya que muestran una rápida tasa de evolución hasta su extinción a finales del Pérmico. Por otro lado, los belemnites son buenos indicadores paleobatimétricos ya que exhiben una orientación particular que permite inferir la dirección de las paleocorrientes, además, las acumulaciones de estos organismos pueden asociarse con las grandes extinciones ocurridas, aumento de depredadores o por el contrario, la muerte de estos; son igualmente importantes para realizar estudios de paleoclimatología e interpretaciones paleobiogeográficas<sup>692</sup>.

#### **9.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS**

##### Trabajo Individual

Después de estudiar las principales características de las clases Gasterópoda y Cefalópoda, escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°9 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio, una vez terminado el análisis de este fósil en particular, continúe con la descripción de un ejemplar de la bandeja N° 10. Cuando concluya el análisis de estas muestras, siga el mismo procedimiento para la mayor cantidad de fósiles en cada bandeja, trate de escoger ejemplares morfológicamente distintos. Recuerde que junto con cada espécimen se encuentra su clasificación taxonómica.

- Fase de observación

Detalle las muestras y observe las siguientes características:

Especímenes de la clase Gasterópoda:

- 1) ¿Cuál es la forma de la concha?
- 2) ¿Cuál es la dirección de enroscamiento?

---

<sup>692</sup> Jones, Op. Cit.

- 3) ¿Cuántas vueltas conforman la concha?
- 4) ¿La concha es imperforada o perforada? Ubique la columela u ombligo según sea el caso.
- 5) ¿Qué forma presenta la apertura?
- 6) ¿Se trata de una concha sifonostomada u holostomada?
- 7) ¿Observa algún tipo de ornamentación en la superficie?
- 8) Defina el eje central de enroscamiento de la concha
- 9) Realice las mediciones estándares para la conchilla

Especímenes de la clase Cefalópoda:

- 1) ¿Cuál es la forma de la concha?
- 2) ¿Cuál es el sentido de enroscamiento de la concha?
- 3) ¿Qué tipo de sutura observa?
- 4) ¿Observa algún tipo de ornamentación en la superficie?
- 5) ¿Puede identificar las líneas de crecimiento?
- 6) ¿Qué posición tiene el sífunculo?

- Fase de descripción

Con base en los detalles identificados durante la fase de observación, realice un dibujo para cada muestra estudiada, trazando en primer lugar un esquema general de los aspectos de la estructura fósil y posteriormente, incluya las características más detalladas, haciendo que los dibujos sean lo más preciso y real posible y que representen todas las características morfológicas que ha identificado. Represente las vistas apertural (frontal) y posterior para los gasterópodos y las vistas dorsal y ventral para los cefalópodos. Realice una descripción escrita de los aspectos observados y recuerde trabajar con la mayor cantidad de muestras para ambas clases de moluscos.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual
- 1) Identifique las características morfológicas de las conchillas de los ejemplares estudiados ¿Se observan todos los aspectos distintivos de la clase a la que pertenecen?
  - 2) Indique el modo de vida de cada espécimen teniendo en cuenta la morfología de la concha y el tipo de sedimento de los fósiles.

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros. Respondan las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué tipo de ornamentación esperarías encontrar en los gasterópodos y cefalópodos que habitan en zonas de alta energía?
- 2) ¿A qué se debe que las suturas de los cefalópodos hayan adquirido mayor complejidad con la evolución? ¿Por qué era necesario que las cámaras estuvieran más entrelazadas?
- 3) ¿Piensa que las formas heteromórficas de las conchas de cefalópodos fueron una respuesta adaptativa a un medio ambiente y condiciones particulares?

### 9.5 BIBLIOGRAFÍA

Arnold, J. M. Cephalopods. En A. S. Tompa (Ed.), *The Mollusca Vol. 7: Reproduction* (pp. 419-450). Orlando, Florida: Academic Press, Inc. 1984

Barrientos, Z. *Zoología General*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José. 2003

Boyle, P., & Rodhouse, P. *Cephalopods: Ecology and Fisheries*. Oxford: Blackwell Publishing. 2005

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Chase, R. *Behavior and It's Neural Control in Gastropod Molluscs*. Oxford: Oxford University Press. 2002

Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, G. *Invitación a la biología* (6ª ed. en español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

Díaz, J. M., Ardila, N., & Gracia, A. Calamares y Pulpos (Mollusca: Cephalopoda) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 1 (2), 195-201. 2000

Fernández-Álamo, M. A., & Rivas, G. *Niveles de organización en animales*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 2007

Fortey, R. *Fossils: The History of Life*. New York: Sterling Publishing Co. 2009

Gómez, C., Buitrón, B., & Vachard, D. Tafonomía del gasterópodo cf. *Donaldina robusta* (Heterobranchia: Streptacidae) del Pensilvánico Medio, Formación La Joya, Sonora, México. *Revista Biología Tropical*, 58 (1), 183-194. 2010

Grande, C., & Zardoya, R. Moluscos. En P. Vargas & R. Zardoya (Eds.), *El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos* (pp. 211-221). Madrid. 2012

Guerra, A. Estrategias Evolutivas de los Cefalópodos. *Investigación y Ciencia*, 50-59. 2006

Guerra-Merchán, A., Palmqvist, P., Lozano, M. C., Vera, J. L., & Triviño, A. Análisis Sedimentológico y Paleoecológico del Yacimiento Plioceno de Parque Antena (Estepona, Málaga). *Revista Española de Paleontología*, 11 (2), 226-234. 1996

Guerra-Sierra, A. *Fauna Iberica, Vol. 1: Mollusca Cephalopoda*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales & Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1992

Hanlon, R. T., & Messenger, J. B. *Cephalopod Behaviour*. Cambridge: Cambridge University Press. 1996

Hill, R. W., Wyse, G. A., & Anderson, M. *Fisiología Animal*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

Jones, R. W. *Applied Palaeontology*. Cambridge: Cambridge University Press. 2006

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

Landman, N. H., Davis, R. A., & Mapes, R. H. *Cephalopods Present and Past: New Insights and Fresh Perspectives*. The Netherlands: Springer. 2007

Levy, S. B. Morfología Funcional en Cefalópodos y Trilobites. *Revista Aldaba*, 6, 57-62. 1986

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

Martinell, J., Checa, A., Doménech, R., Gili, C., Olóriz, F., & Rodríguez-Tovar, F. J. Clase Gasterópoda. En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados* (pp. 285-300). Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

Milsom, C., & Rigby, S. *Fossils at a Glance* (2<sup>nd</sup> ed.). New Jersey: Willey-Blackwell Publishing. 2010

Monge-Nájera, J. *Moluscos*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica. 1997

Nishiguchi, M. K., & Mapes, R. H. Cephalopoda. En W. F. Ponder & D. R. Lindberg (Eds.), *Phylogeny and Evolution of the Mollusca* (pp. 163-200). Los Ángeles: University of California Press. 2008

Olivares, A. N. *Sistemática molecular del género Fissurella en el Pacífico Sudoriental*. Galicia, España: Universidad de Santiago de Compostela. 2007

Olóriz F., & Rodríguez-Tovar, F. Clase Cephalopoda. En M. L. Martínez-Chacón & P. Rivas (Eds.), *Paleontología de Invertebrados*. Madrid: Sociedad Española de Paleontología e Instituto Geológico y Minero de España. 2009

Padilla, F., & Cuesta, A. E. *Zoología aplicada*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. 2003

Purchon, R. D. *The Biology of the Mollusca* (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford: Pergamon Press, Ltd. 1997

Quiróz-Barroso, S. A., Sour-Tovar, F., Centeno, E. Gasterópodos y bivalvos cisuralianos (Pérmico inferior) de Otlamalacatla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29 (1), 158-178. 2012

Roca-Pacheco, L. Fósiles de Gasterópodos, otra Forma de Entender el Pasado. *Museo Cerralbo*, 1-26. 2009

Saxena, A. *Text Book of Mollusca*. New Delhi: Discovery Publishing House. 2005

Starr, C., Taggart, R., Evers, C., & Starr, L. *Biology: The Unity and Diversity of Life* (14<sup>th</sup>ed.). Boston: CENAGE Learning. 2013

Teichert, C. Main Features of Cephalopod Evolution. En M. R. Clarke & E. R. Trueman (Eds.), *The Mollusca Vol. 12: Paleontology and Neontology of Cephalopods* (pp. 11-62). San Diego: Academic Press, Inc. 1988

Tola, J. *Atlas básico de zoología*. Barcelona: Parramón Ediciones, S.A. 2003

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Vecchione, M. Cephalopods. *National Marine Fisheries Service & National Museum of Natural History*, 150-166. 2013

Walker, S. E. Traces of Gastropod Predation Molluscan Prey in Tropical Reef Environments. En W. Miller (Ed.), *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects* (pp. 324-340). Amsterdam: Elsevier B.V. 2007

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

## **10. LABORATORIO N°9: PHYLUM ECHINODERMATA**

### **10.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas de los equinodermos para facilitar el reconocimiento en campo de los organismos fósiles pertenecientes a este filo.
- Identificar las diferencias morfológicas que existen entre las diversas clases que componen el filo echinodermata para adquirir la capacidad de clasificar taxonómicamente los especímenes fósiles.
- Relacionar las características morfológicas de los ejemplares estudiados con su modo de vida y adaptación al medio ambiente en que se desarrollaron.
- Comprender la importancia paleobiológica de los fósiles de equinodermos y reconocer su valor como fósiles índice.

### **10.2 MATERIAL REQUERIDO**

Bandeja N° 11 del laboratorio de paleontología, que incluye ejemplares fósiles del filo Echinodermata de diferentes clases taxonómicas.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

### 10.3 MARCO TEÓRICO

El único filo que tiene todos sus representantes marinos son los equinodermos<sup>693</sup>; son un conjunto de animales celomados no coloniales que comúnmente se conocen como erizos, pepinos, estrellas y galletas de mar<sup>694</sup>; sin embargo, hoy en día continúa siendo incierto su parentesco con otros grupos taxonómicos<sup>695</sup>.

**10.3.1 Modo de vida.** Los equinodermos predominan en zonas litorales, aunque algunos han sido encontrados a más de diez mil metros de profundidad<sup>696, 697</sup>; todos los representantes del grupo tienen un modo de vida bentónico, que puede ser tanto epifaunal como endofaunal; en el primer caso, suelen habitar sobre sedimentos duros, mientras que los segundos pueden vivir dentro del sustrato o en hoyos creados en el suelo marino. Las variaciones en el modo de vida se ven reflejadas en diferencias morfológicas, la más evidente es la variación en la simetría, ya que los equinodermos que habitan sobre el sustrato tienen una simetría radial, mientras que los endobentónicos, cuya aparición ocurrió después en el registro evolutivo, tienen en general una simetría bilateral<sup>698</sup>.

**10.3.2 Reproducción.** La reproducción es principalmente sexual y ocurre de manera externa en la columna de agua después de liberar espermatozoides y óvulos; como una característica distintiva del grupo, los sexos están separados pero no hay dimorfismo sexual externo<sup>699</sup>. Después de la fecundación, la mayoría de equinodermos suelen iniciarse como una larva planctónica de simetría

---

<sup>693</sup> Khanna, D. R. & Yadav, P. R. Biology of Echinodermata. New Delhi: Discovery Publishing House. 2005

<sup>694</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>695</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

<sup>696</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>697</sup> Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., & Honey-Escandón, M. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85, S441-S449. 2014

<sup>698</sup> Kumar, Op. Cit.

<sup>699</sup> Woods, Op. Cit.

bilateral<sup>700</sup>. Muchas especies, aparte de poseer el tipo de reproducción sexual ya mencionada, pueden llegar a ser incubadoras, sobre todo en zonas del océano Ártico donde el agua se caracteriza por las bajas temperaturas, mientras que otras pueden reproducirse asexualmente mediante fisiparidad (fraccionamiento involuntario o voluntario del cuerpo)<sup>701, 702</sup>.

**10.3.3 Morfología y fisiología.** Los equinodermos presentan una simetría radial pero en su etapa larval son bilaterales, por lo que se dice que tienen una simetría radial secundaria, producto de un modo de vida sedentario<sup>703</sup>, así mismo, la simetría que exhiben estos organismos es exclusiva del filo y recibe el nombre de pentamerismo, ya que se caracteriza por dividir en cinco regiones iguales el cuerpo del animal<sup>704, 705, 706</sup>.

Bajo la piel de todos los equinodermos existe un esqueleto de origen dérmico, formado por placas calcáreas que se desarrollan a partir de un grupo de espículas (también llamadas osículos), que al crecer generan un enrejado cristalino cuyos intersticios quedan ocupados por tejido vivo<sup>707, 708</sup>, formando una teca interna que puede ser flexible o rígida dependiendo de la articulación de los osículos<sup>709, 710</sup>. Las espículas del esqueleto se proyectan hacia el exterior del cuerpo, dando al animal un aspecto rugoso, espinoso o tuberculoso en la superficie<sup>711</sup>.

---

<sup>700</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>701</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>702</sup> Solís-Marín, Laguarda-Figueras, & Honey-Escandón, Op. Cit.

<sup>703</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>704</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>705</sup> Mooi, R. Echinodermata. Biological Science Fundamentals and Systematics, IV, 1-20. 1999

<sup>706</sup> Zito, F., Costa, C., Sciarrino, S., Cavalcante, C., Poma, V., & Matranga, V. Why Study Echinoderms?. En V. Matranga (Ed.). Echinodermata (pp. 7-36). Germany: Springer Berlin Heidelberg. 2005

<sup>707</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>708</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>709</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>710</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>711</sup> Solís-Marín, Laguarda-Figueras, & Honey-Escandón, Op. Cit.

Poseen un celoma verdadero<sup>712</sup> rodeado por un canal alimenticio que en la mayoría de casos termina en un ano<sup>713</sup>, así mismo, sobre la cara ventral presentan surcos ambulacrales de variada complejidad que sirven para la alimentación, los cilios presentes en estos surcos aseguran la entrada del agua y nutrientes hasta la boca<sup>714</sup>. El sistema vascular acuífero, conocido también como sistema ambulacral, es una de las mayores características del filo, el cual funciona como sistema de respiración, como un órgano sensorial y también interviene en la locomoción<sup>715</sup> con ayuda de órganos cilíndricos llamados podios o pies ambulacrales<sup>716, 717</sup>. Los equinodermos presentan orificios genitales llamados gonoporos, y un orificio de mayor tamaño conocido como madreporito.

**10.3.4 Clasificación.** Comúnmente los equinodermos se han clasificado en dos subfilos teniendo en cuenta su modo de vida: los equinodermos de vida fija o Pelmatozoos y los libres o Eleuterozoos. A continuación se describen las clases de este filo que tienen mayor relevancia para la paleontología, teniendo en cuenta los trabajos de Woods<sup>718</sup>, Mooi<sup>719</sup>, Prothero<sup>720</sup>, Turek<sup>721</sup> et al, Zito et al<sup>722</sup>, y Springer & Holly<sup>723</sup>.

- Subfilo Pelmatozoa: Encierra diferentes clases de equinodermos que aparecieron en el Paleozoico y que pueden agruparse en dos superclases: los Holomazoos, que poseen simetría bilateral, y los Crinozoos, que tienden a la simetría pentaradiada; en esta última destacan las siguientes clases:

---

<sup>712</sup> Barrientos, Op. Cit.

<sup>713</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>714</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>715</sup> Khanna, & Yadav, Op. Cit.

<sup>716</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>717</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>718</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>719</sup> Mooi, Op. Cit.

<sup>720</sup> Prothero, Op. Cit.

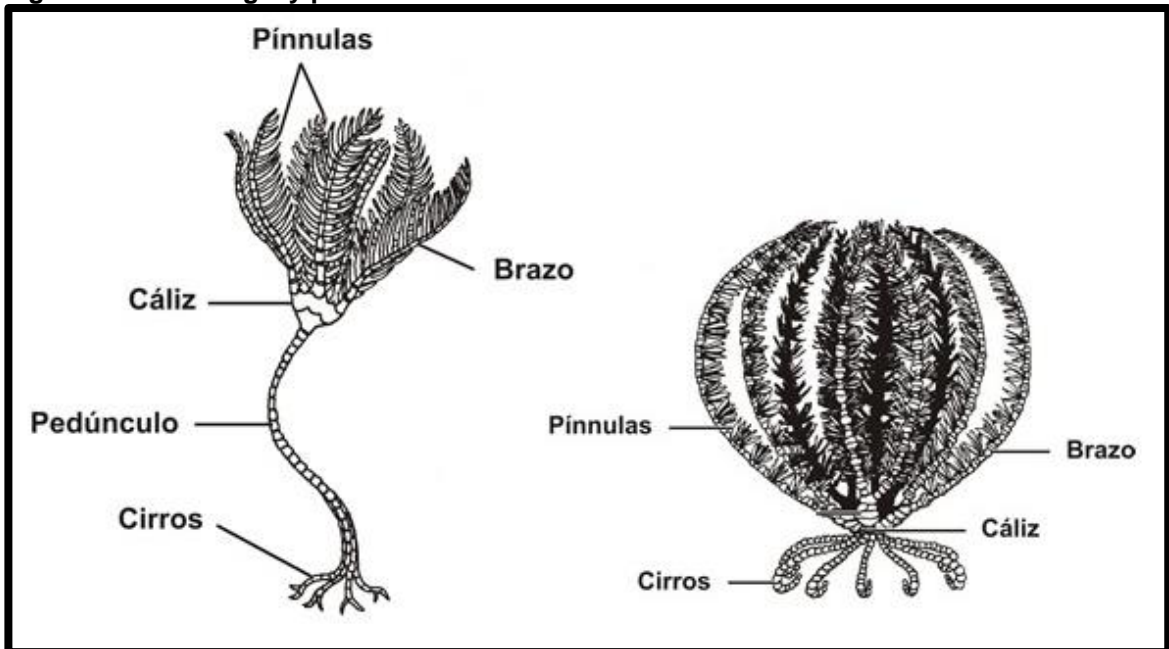
<sup>721</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>722</sup> Zito, Costa, Sciarrino, Cavalcante, Poma, & Matranga, Op. Cit.

<sup>723</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

- Clase Crinoidea: Cámbrico-reciente. También conocidos como lirios de mar, fueron los más numerosos y diversos equinodermos del Paleozoico y se considera el grupo más primitivo de los equinodermos actuales. La mayoría de crinoideos habitan zonas profundas aunque hay ciertas especies que viven en zonas someras. A excepción del género *comatúlidos*, en donde se incluyen los únicos crinoideos de vida libre, la gran mayoría está sujeta al sustrato por un tallo (también llamado pedúnculo) y sus cuerpos, generalmente con simetría pentaradial, están posicionados verticalmente dirigiendo el cáliz hacia arriba, que se encuentra coronado por brazos más o menos flexibles y numerosos con extensiones laterales llamadas pínulas; finalizando el pedúnculo se encuentran los cirros o raíz (Figura 9.1).

**Figura 9.1. Morfología y posición en vida de los crinoideos.**

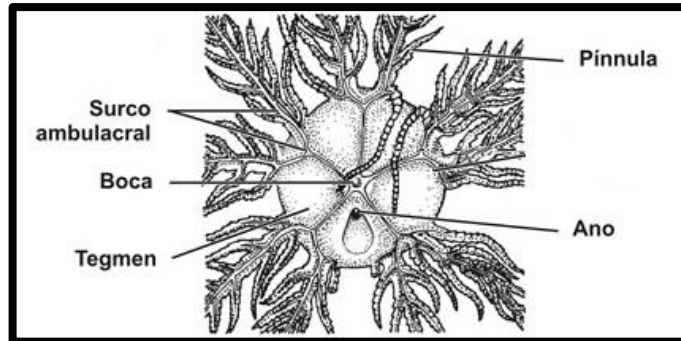


Fuente: biodidac en <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/crinoideos.php>

El cáliz está formado por la fusión de diversas placas y contiene el tubo digestivo (en forma de U), la boca, los surcos ambulacrales (protegidos por un revestimiento llamado tegmen), el ano y otros órganos del animal (Figura 9.2). Después de la

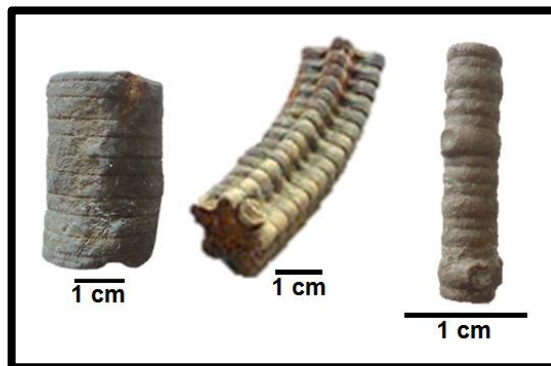
muerte del organismo, los tejidos blandos encargados de unir cada una de las partes del cuerpo se desintegran, por tanto, es común encontrar fósiles de pedúnculos y cálices separados (Figura 9.3 y Figura 9.4).

**Figura 9.2. Vista superior del cáliz de un crinoideo.**



Fuente: biodidac en <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/crinoideos.php>

**Figura 9.3. Fotografía de pedúnculos fósiles. Se observan diferentes morfologías en el tallo de los crinoideos.**



Fuente: Autor.

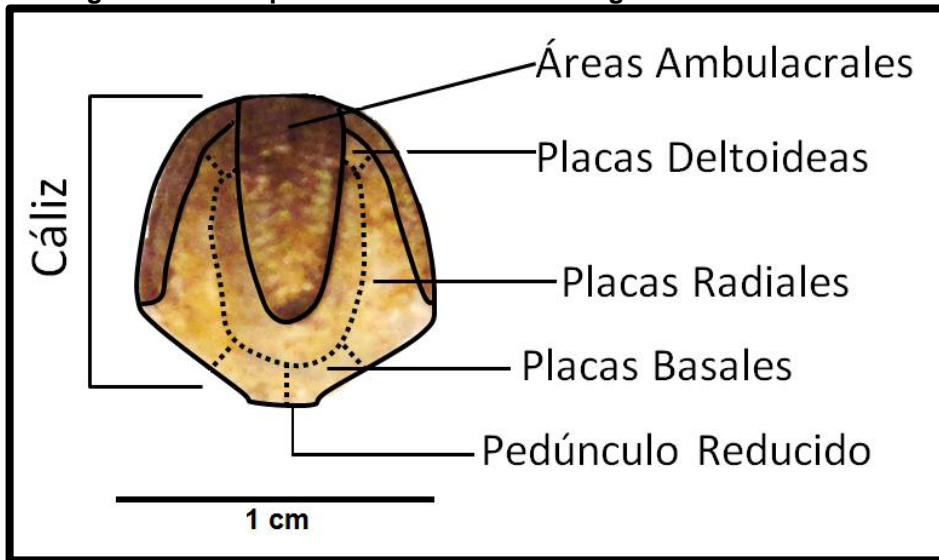
**Figura 9.4. Corte transversal de diferentes pedúnculos fosilizados.**



Fuente: <http://fossil.com.es/Crinoideos.html>

- Clase Blastoidea: Después de los crinoideos, los blastoideos son el grupo de equinodermos más conocido del Paleozoico, y aunque aparecieron por primera vez en el Ordovícico medio, su diversidad ocurrió en el Missisipiano hasta su extinción en el Pérmico. Presentan simetría pentaradiada y sus cuerpos se componen de un cáliz en forma de capullo, formado por la unión de varias placas (tres basales, cinco radiales y cinco deltoideas) y de donde parten los brazos, y un pedúnculo pequeño que les permite fijarse (Figura 9.5). Poseen también unas estructuras llamadas hydrospiras que aparentemente sirven para la respiración y en el tope de cada área ambulacral hay aberturas llamadas espiráculos (Figura 9.6).

Figura 9.5. Fotografía de un equinodermo blastoideo del género *Pentremites*.



Fuente: Autor.

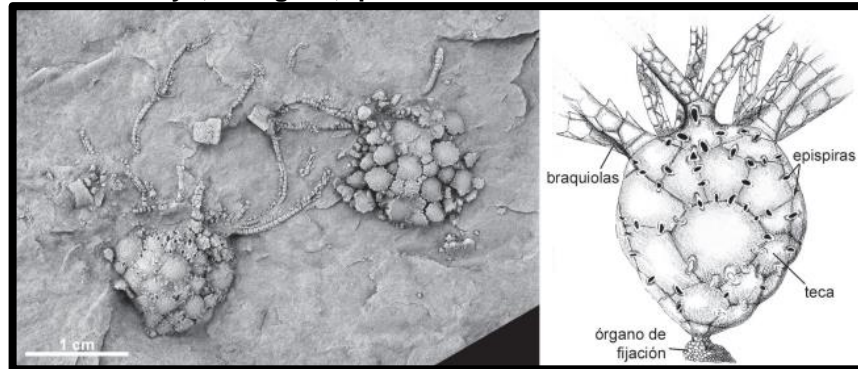
Figura 9.6. Vista superior de un equinodermo blastoideo del género *Pentremites*.



Fuente: Autor.

- Clase Eocrinoidea: Cámbrico-Ordovícico. Fueron los equinodermos más comunes del Cámbrico y aunque la gran mayoría vivía sobre el suelo marino, muchos lograban enterrarse en el sustrato. Se caracterizan por presentar una teca globosa cuyas placas están perforadas por canales o grandes poros, un pedúnculo hueco, pequeños brazos y de dos a cinco áreas ambulacrales con dos hileras de braquiolas alrededor, las cuales son apéndices exoesqueletales que sirven para la filtración del agua y captura de alimento (Figura 9.7).

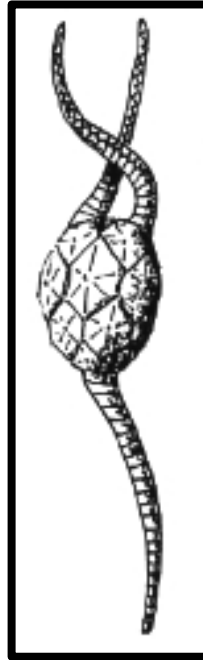
**Figura 9.7. Fósiles de Eocrinoideos encontrados en el yacimiento BIC de Murero y en el Parque Natural de Moncayo, Zaragoza, que datan del Cámbrico.**



Fuente: Zamora et al., Acta Palaeontologica Polonica. 2009 en <http://aragosaurus.blogspot.com.co/2009/06/brazos-arriba-que-viene-la-corriente.html>

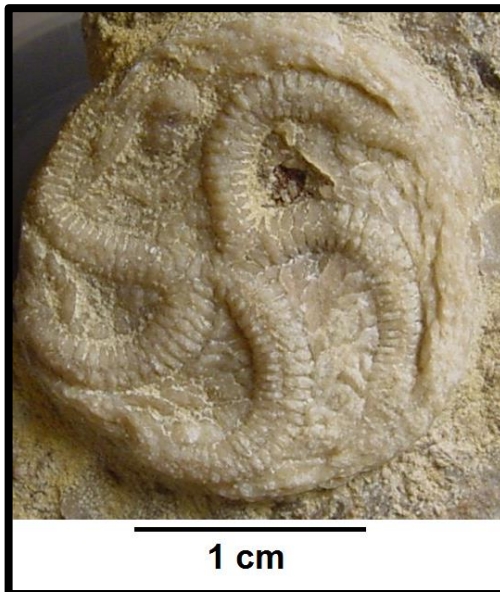
- Clase Cystoidea: Ordovícico-Pérmico. Equinodermos muy numerosos en el Silúrico cuyo cuerpo estaba constituido por un cáliz o teca subesférica o aplanada, formadas por placas calcáreas pentagonales dispuestas de forma más o menos regular y atravesadas por pequeños poros agrupados por pares, normalmente estaban provistos de un pedúnculo (Figura 9.8).
- Clase Edrioasteroidea: Cámbrico-Carbonífero. Son formas pentaradiadas cuyo ano se abre en la cara oral, y cuya base aplanada se fija en diversas superficies como por ejemplo la concha de braquiópodos (Figura 9.9).

**Figura 9.8. Reconstrucción de la morfología de un equinodermo de la clase Cystoidea.**



Fuente: Club paleontológico boliviano. en <http://www.geocities.ws/fossilbol/bolet/jul.htm>

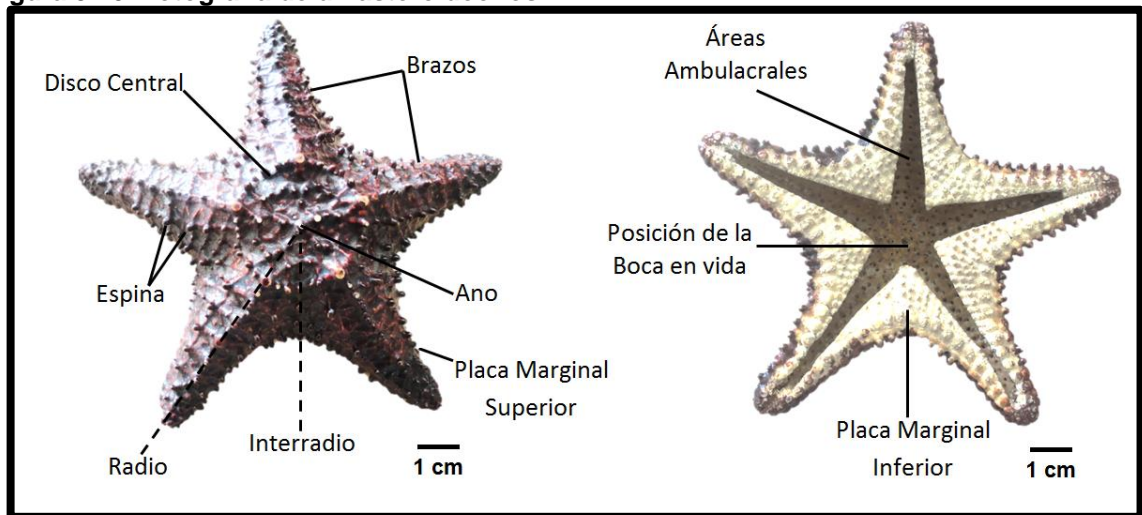
**Figura 9.9. Fósil de un edrioasteroideo.**



Fuente: Review of the Major Animal Fossil Makers. Recuperado de <https://www.geol.umd.edu/~jmerck/bsci392/lecture2/lecture2.html>

- Subfilo Eleutherozoa: Comprende la mayoría de equinodermos actuales y se agrupan en dos superclases:
  - Superclase Asterozoa: Presentan cuerpo aplanado, forma de estrella y brazos bien desarrollados. Destacan las siguientes clases:
    - Clase Asteroidea: Son las conocidas estrellas de mar, se caracterizan por tener la superficie oral en el lado ventral y por tener cinco brazos anchos en la base y de moderada movilidad rodeando un disco central; el número de brazos depende de la especie, existiendo algunos asteroideos con menos o más de cinco brazos. Estos equinodermos poseen un modo de vida exclusivamente bentónico y suelen habitar sobre rocas, arenas y lodos de zonas someras, zonas de arrecifes y también algunos pueden vivir a grandes profundidades (Figura 9.10).

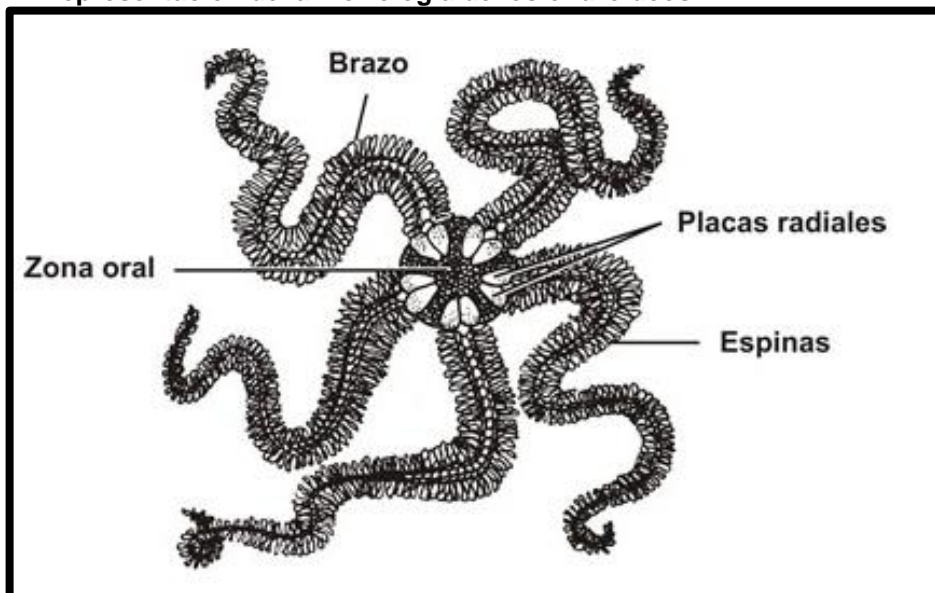
**Figura 9.10. Fotografía de un asteroideo fósil.**



Fuente: Autor.

- Clase Ophiuridea: Conocidos como ofiuras, cestas de mar o estrellas frágiles. Actualmente es el grupo más diverso y más abundante de los equinodermos, habitan en todos los tipos de hábitats marinos bentónicos pero han colonizado también las zonas abisales en muchas áreas. Tienen un parecido a las estrellas de mar ya que poseen típicamente cinco brazos rodeando un disco central, sin embargo, en las ofiuras los brazos son finos y flexibles, están compuestos por pequeños osículos calcáreos y son totalmente independientes del disco central, haciendo que éste último se vea mucho más demarcado y adquiera una apariencia pentagonal (9.11).

**Figura 9.11. Representación de la morfología de los ofiuroideos.**



Fuente: Biodidac. Las Ofiurias. En <http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/ofiuras.php>

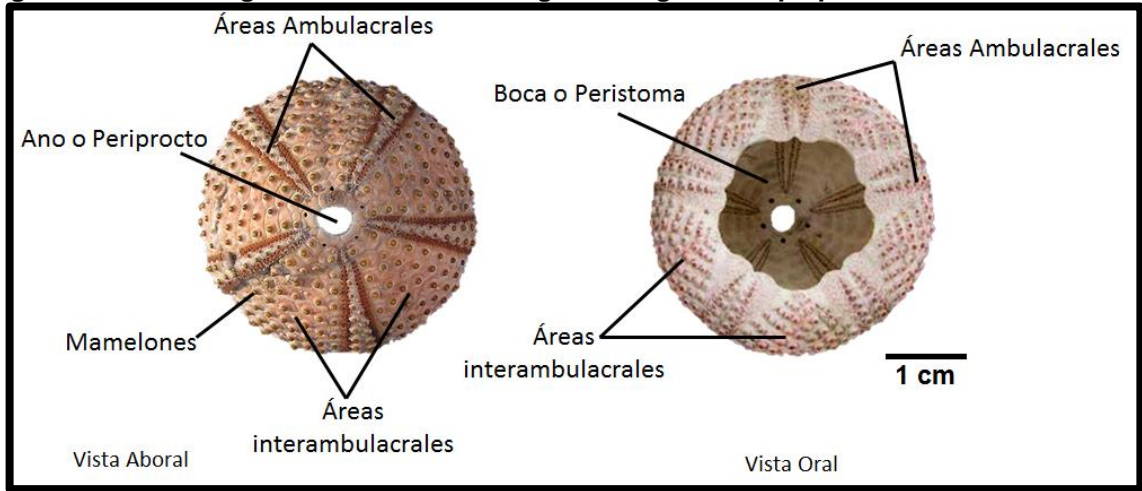
- Superclase Equinozoa: Presentan una teca esférica desprovista de brazos.
- Clase Echinoidea: Ordovícico-reciente. Tienen una amplia distribución en todos los mares, desde zonas someras hasta zonas abisales, en esta clase se incluyen los erizos de mar, que habitan sobre superficies rocosas o bastante

duras, y las galletas o dólares de mar, que suelen enterrarse en sustratos blandos.

Usualmente tienen un cuerpo globular formado por la fusión de placas esqueléticas que en su superficie exhiben gran cantidad de espinas y que forman dos conjuntos alternos: cinco husos meridianos de dos filas de placas (áreas ambulacrales), separados por otros cinco husos (áreas interambulacrales); en los primeros, las placas contienen poros que corresponden a la salida de los pies ambulacrales; en los segundos, las placas presentan tubérculos. En el polo superior del cuerpo se abre el ano o periprocto, y rodeándolo se encuentra el sistema apical, en donde convergen cinco placas ambulacrales. En el polo inferior se abre la boca o peristoma, rodeado por un anillo de placas orales en las que se insertan los dientes del aparato masticador (linterna de Aristóteles). Estos equinodermos no presentan brazos distintivos que se proyecten de la parte central del cuerpo y algunos de ellos tienen simetría bilateral, la cual ocurre secundariamente durante la evolución.

Una característica distintiva de la clase es que presentan un gran polimorfismo de la teca o cuerpo (esférica, hemisférica, cónica, o discoidal) que permite clasificados en regulares e irregulares dependiendo su simetría. Los primeros (regulares), tienen una apariencia globosa, la boca se encuentra en el centro de la cara oral y el ano es el centro de la cara aboral (Figura 9.12).

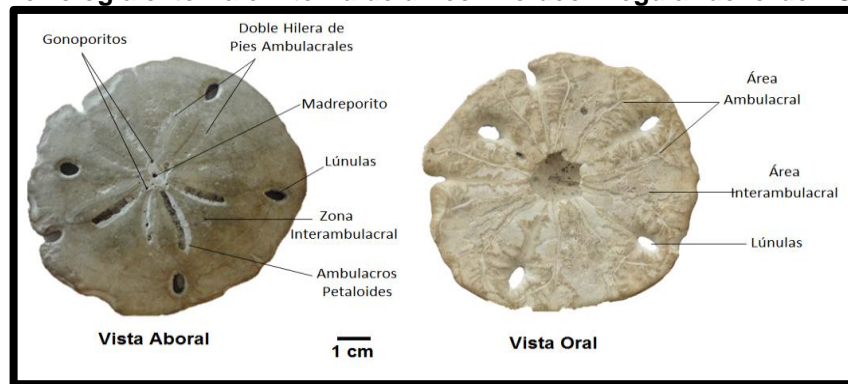
**Figura 9.12. Morfología de un echinoideo regular del género *Diplopodia*.**



Fuente: Autor.

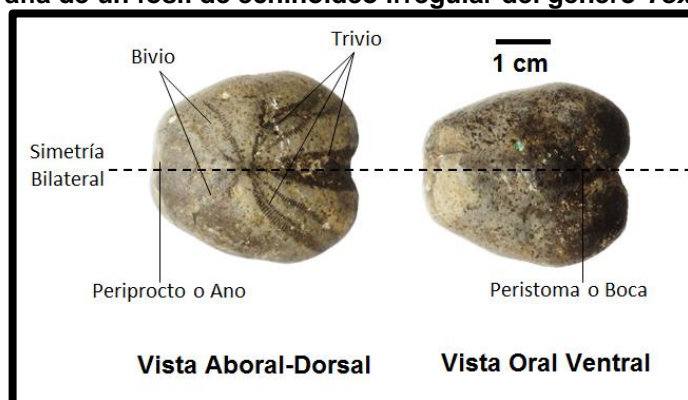
Los equinoideos irregulares por otro lado, han perdido la forma redondeada de sus tecas a causa de adaptaciones sucesivas para enterrarse en la arena; en estos organismos, la boca está ubicada en el centro de la cara oral pero el ano se ha desplazado igualmente a la cara oral, así mismo, las áreas ambulacrales han desarrollado aspecto de flor, por lo que reciben el nombre de ambulacros petaloides. Algunas especies presentan lúnulas, las cuales son orificios que ayudan al animal para enterrarse en la arena (Figura 9.13 y 9.14).

**Figura 9.13. Morfología externa e interna de un echinoideo irregular del orden Clypeasterida.**



Fuente: Autor

**Figura 9.14. Fotografía de un fósil de echinoideo irregular del género *Toxaster colombianus*.**



Fuente: Autor.

**10.3.5 Importancia del registro fósil.** El registro fósil de los equinodermos se extiende desde el Cámbrico<sup>724</sup> y debido a la naturaleza y composición de su esqueleto, han podido preservarse ampliamente en el registro geológico, reconociéndose hoy en día más de 1300 especies de equinodermos fósiles<sup>725</sup>. El abundante registro de estos organismos, se debe también en gran medida a que las partes blandas del cuerpo se reemplazan constantemente por calcita durante la formación de los fósiles<sup>726</sup>, lo cual proporciona un registro más detallado y variable sobre las especies del pasado.

Los equinodermos son de gran interés desde el punto de vista paleobiológico ya que resultan ser excelentes fósiles índices pues son seres que tuvieron una evolución rápida y poseen una distribución geográfica amplia, ya que se han encontrado distribuidos en todos los mares a muy distintas profundidades<sup>727</sup>; así mismo, los fósiles de este filo han adquirido mayor importancia para los paleontólogos durante los últimos años ya que los equinodermos juegan un papel importante en los estudios filogenéticos, en donde por medio de análisis

<sup>724</sup> Khanna, & Yadav, Op. Cit.

<sup>725</sup> Zito, Costa, Sciarrino, Cavalcante, Poma, & Matranga, Op. Cit.

<sup>726</sup> Khanna, & Yadav, Op. Cit.

<sup>727</sup> Caso, M. E. Ciencia y técnica de los equinodermos en relación con el hombre primera parte: Aspecto científico. Anales Del Centro De Ciencias Del Mar Y Limnología, 1-20. 1977

morfológicos y de biología molecular, permiten reconstruir y entender más sobre la historia evolutiva de este grupo de invertebrados<sup>728</sup>.

## 10.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS

### Trabajo Individual

En primera medida, escoja uno de los especímenes fósiles que se ubican en la bandeja N°11 del laboratorio de Paleontología para iniciar su estudio, una vez terminado el análisis de este fósil en particular, continúe con los demás ejemplares de la bandeja, siguiendo el mismo procedimiento. Trate de estudiar ejemplares morfológicamente diferentes. Junto con cada ejemplar se encuentra su correspondiente clasificación taxonómica.

- Fase de observación

Detalle el ejemplar y observe las siguientes características:

- 1) ¿Qué forma tiene el individuo completo?
- 2) ¿Qué tipo de simetría observa en el ejemplar?
- 3) ¿Qué posición tiene el ano y la boca con respecto a la simetría del organismo?
- 4) ¿Observa las placas suturadas que conforman la teca de los equinodermos?
- 5) ¿Se proyectan en la superficie del espécimen las espículas del esqueleto, dando un aspecto tuberculoso o espinoso al ejemplar?

- Fase de descripción

Realice un dibujo del fósil seleccionado en donde indique todas las características morfológicas identificadas y los detalles del fósil, haciendo que el dibujo sea lo más preciso y real posible; recuerde dibujar la vista aboral, oral y en ciertos casos

---

<sup>728</sup> Zamora, S. Equinodermos del Cámbrico: Planes corporales, paleoecología y registro fósil en España. *Cidaris*, VIII, 37-48. 2010

dorsal, para precisar mejor todas las estructuras que conforman la muestra. Posteriormente, realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual

- 1) Identifique las características morfológicas del ejemplar estudiado teniendo en cuenta la clasificación taxonómica a la que corresponde ¿Observa todos los aspectos característicos de la Clase a la que pertenece el espécimen?
- 2) Indique el modo de vida del ejemplar teniendo en cuenta la morfología del individuo ¿Se trata de un organismo epifaunal o endofaunal?

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros, posteriormente, discutan sobre lo siguiente:

- 1) ¿A qué se debe que la mayoría de equinodermos extintos hayan pertenecido al subfilo Pelmatozoa, de vida fija? ¿Presenta este modo de vida una desventaja evolutiva?
- 2) ¿Qué estilo de vida puede estar relacionada con la simetría bilateral-pentámera y qué modo de vida presentan los especímenes con simetría radial-pentámera?
- 3) ¿Qué pudo haber causado que los crinoideos sobrevivieran en el registro geológico hasta hoy en día, mientras que otros cnidarios como los Blastoideos, Cystoideos, Eocrinoideos y Edrioasteroideos se extinguieron en el transcurso del Paleozoico?

## 10.5 BIBLIOGRAFÍA

Barrientos, Z. *Zoología General*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José. 2003

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología (7ª ed.)*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Caso, M. E. Ciencia y técnica de los equinodermos en relación con el hombre primera parte: Aspecto científico. *Anales Del Centro De Ciencias Del Mar Y Limnología*, 1-20. 1977

Khanna, D. R. & Yadav, P. R. *Biology of Echinodermata*. New Delhi: Discovery Publishing House. 2005

Kumar, A. *Fossils in Earth Science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, Private Limited. 2008

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

Mooi, R. Echinodermata. *Biological Science Fundamentals and Systematics, IV*, 1-20. 1999

Prothero, D. R. *Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology*. New York: Columbia University Press. 2003

Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., & Honey-Escandón, M. Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85*, S441-S449. 2014

Springer, J. T., & Holley, D. *An Introduction to Zoology*. Wall Street: Jones & Bartlett Learning. 2013

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

Zamora, S. Equinodermos del Cámbrico: Planes corporales, paleoecología y registro fósil en España. *Cidaris*, VIII, 37-48. 2010

Zito, F., Costa, C., Sciarrino, S., Cavalcante, C., Poma, V., & Matranga, V. Why Study Echinoderms?. En V. Matranga (Ed.). *Echinodermata* (pp. 7-36). Germany: Springer Berlin Heidelberg. 2005

## **11. LABORATORIO N°10: PHYLUM ANÉLIDA Y CLASE TRILOBITA**

### **11.1 OBJETIVOS**

- Reconocer e identificar las principales características morfológicas del filo Anélida y el subfilo Trilobita para facilitar el reconocimiento de estos invertebrados fósiles en campo.

- Estudiar la clasificación taxonómica de anélidos y trilobites e identificar los taxones más importantes para los estudios paleontológicos.
- Correlacionar el tipo de sedimento en que fosilizaron los especímenes de anélidos y trilobites con la energía del medio en que habitaron y el modo de vida de los mismos.
- Comprender la importancia paleontológica de los fósiles de trilobites en los estudios bioestratigráficos y reconocer los anélidos fósiles como herramientas que permiten estudiar y entender los ecosistemas del pasado.

## 11.2 MATERIAL REQUERIDO

Bandejas N° 12 del laboratorio de paleontología, que incluye especímenes fósiles de trilobites y anélidos.

Libreta de apuntes

Lápiz y borrador

## 11.3 MARCO TEÓRICO

**11.3.1 Phylum anélida.** Los anélidos constituyen un grupo de animales segmentados muy antiguo, probablemente aparecieron hace más de 600 millones de años y se considera que para el Cámbrico se habían establecido por completo en los mares de la Tierra<sup>729</sup>. Estos animales exhiben gran cantidad de habitas, la

---

<sup>729</sup> Fragoso, C., & Rojas, P. Biodiversidad de Lombrices de Tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85, 197-207. 2014

mayoría son de ambientes marinos pero hay muchas especies de agua dulce y otras que viven en la tierra<sup>730, 731</sup>.

11.3.1.1 Morfología y fisiología: Sus cuerpos son bilateralmente simétricos y están divididos tanto interna como externamente por un gran número de segmentos similares conocidos como metámeros<sup>732</sup>; poseen un celoma verdadero, el cual es una cavidad del cuerpo evolucionada que presenta dos aberturas, una boca en la parte frontal y un ano en la parte posterior y que proporciona espacio para el desarrollo de complejos y especializados sistemas (circulatorio, digestivo, reproductivo y excretor). El cuerpo está forrado por un mesodermo (cutícula delgada y transparente secretada por la epidermis) que separa los órganos y sistemas internos del organismo de los músculos de la pared del cuerpo<sup>733, 734</sup>. En la parte anterior del animal esta diferenciada la cabeza, en donde se ubica la boca, principales órganos sensitivos y una concentración de sistemas nerviosos que forman el cerebro. Los anélidos fueron los primeros animales que indicaron un proceso de cefalización<sup>735</sup> (Figura 10.1).

---

<sup>730</sup> Padilla. & Cuesta, Op. Cit.

<sup>731</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

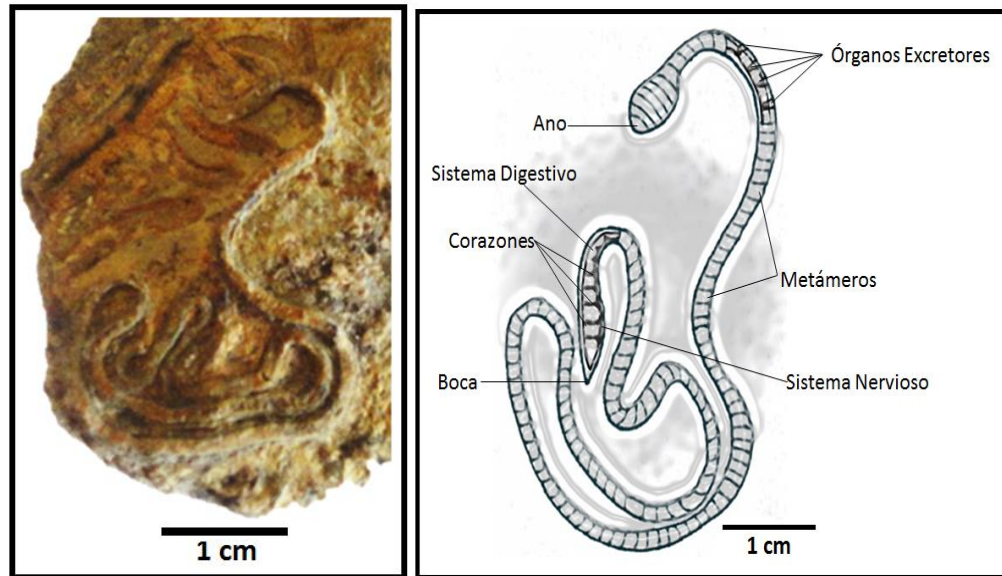
<sup>732</sup> Gould, Op. Cit.

<sup>733</sup> Edwards, G. I., & Pfirrmann, M. S. E-Z Biology. New York: Barron's Educational Series, Inc. 2009

<sup>734</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>735</sup> Puranik, P., & Bhate, A. Animal Forms And Functions: Invertebrata. New Delhi: Sarup & Sons. 2007

**Figura 10.1. Reconstrucción de la morfología interna y externa de un anélido en vida a partir del registro fósil.**



Fuente: Autor

La respiración se lleva a cabo a través de la piel del animal o mediante proyecciones especiales en el celoma<sup>736</sup>; todos poseen un sistema circulatorio pero no un corazón verdadero y la reproducción, por medio de la cual se da origen a una larva ciliada llamada trocóforo en la mayoría de anélidos<sup>737</sup> puede darse de manera sexual o asexual; así mismo, dependiendo la especie, estos organismos pueden exhibir sexos separados o ser hermafroditas<sup>738</sup>.

11.3.1.2 Clasificación: Los anélidos han sido clasificados tradicionalmente en tres clases (Polychaeta, Oligochaeta y Hirudinea) con base en la presencia o ausencia de apéndices pares laterales que se extienden de cada uno de los segmentos del cuerpo llamados parapodios y por la exhibición o no de setas o quetas (cilindros quitinosos); sin embargo, esta clasificación del filo ha sido modificada en los

<sup>736</sup> Gould, Op. Cit.

<sup>737</sup> Edwards, & Pfirrmann, Op. Cit.

<sup>738</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

últimos años de acuerdo a nuevos análisis filogenéticos y moleculares, en donde se agrupan en una nueva clase (Clitellata) los oligoquetos y hirudineos<sup>739, 740, 741</sup>.

- Clase Polychaeta: Son anélidos predominantemente marinos<sup>742</sup> con una historia evolutiva que data desde el Cámbrico medio, aunque se han encontrado algunos fósiles del Ordovícico temprano<sup>743</sup>.

### Alimentación

Su alimentación puede llevarse a cabo mediante diversos métodos<sup>744</sup>, en el caso de los poliquetos carnívoros, sus presas consisten en invertebrados pequeños que son capturados por medio de una faringe eversible llamada proboscis (Curtis et al., 2006), los poliquetos sedimentívoros no selectivos consumen arena y lodo directamente cuando su boca toca el sustrato, mientras que los poliquetos sedimentívoros selectivos no presentan proboscis, en su lugar, poseen estructuras especializadas alrededor de la boca que secretan una mucosa a la cual se adhiere el material<sup>745</sup>.

### Morfología y Fisiología

En los poliquetos la cabeza está formada por una región anterior llamada prostomio, en donde se ubican los ojos y las antenas del organismo; y una zona posterior conocida como peristomio, en la cual está la boca, los palpos y

---

<sup>739</sup> Capraz, S., & Arslan, N. The Oligochaeta (Annelida) Fauna of Aksu Stream (Antalya). *Tübitak*, 29, 229-236. 2005

<sup>740</sup> Veiga, M. P. La Meiofauna Intermareal de Sustratos Blandos de la Ría do Barqueiro (Galiza). Lugo, España: Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Zooloxía e Antropoloxía Física. 2008

<sup>741</sup> Frago, & Rojas, Op. Cit.

<sup>742</sup> Ruso, Y., Giménez, F., de la Ossa, J. A., Sánchez, J. L., & Ramos, A. A. Guía práctica para la identificación de familias de poliquetos. Alicante, España: Editorial Club Universitario. 2014

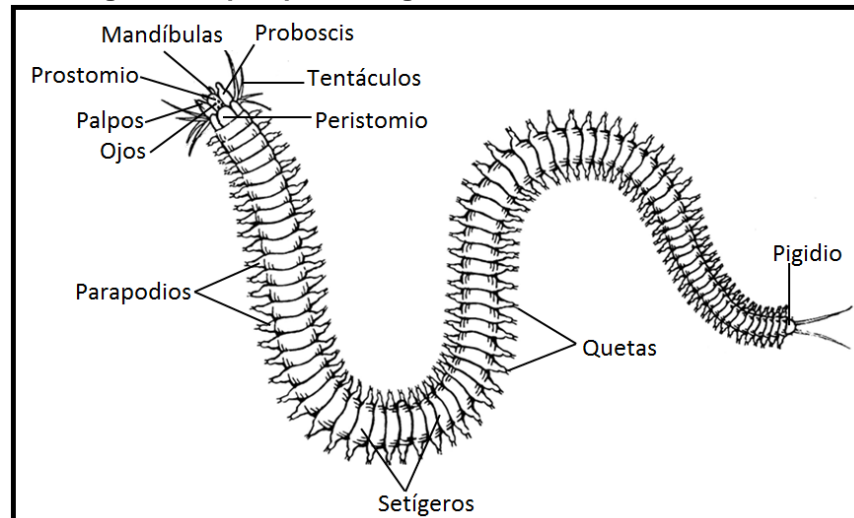
<sup>743</sup> Báez, D. P., & Ardila, N. E. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 4 (1), 89-109. 2003

<sup>744</sup> Ibid

<sup>745</sup> Murugesan, P., & Khan S. A. Polychaetes. *Centre of Advanced Study in Marine Biology*, 297-301. ca. 1999

tentáculos del animal<sup>746, 747, 748</sup>. La característica que diferencia los poliquetos de los demás anélidos es la presencia de parapodios, una serie de apéndices laterales dispuestos en pares que se extienden de los metámeros<sup>749, 750, 751</sup> y en los cuales se desarrollan numerosas quetas<sup>752, 753</sup>, los segmentos en los que éstas últimas se ubican se denominan setígeros<sup>754</sup> (Figura 10.2). El primer segmento se desarrolla en la parte posterior del poliqueto<sup>755</sup> y la adición de los demás metámeros ocurre en el transcurso de la vida a partir de este, el segmento posterior se conoce como pigidio<sup>756</sup>.

**Figura 10.2. Morfología de un poliqueto del género *Nereis*.**



Fuente: J. Arthur Thomson Polychaete. En [http://etc.usf.edu/clipart/47900/47931/47931\\_polychaete.htm](http://etc.usf.edu/clipart/47900/47931/47931_polychaete.htm) En  
 Modo de vida

<sup>746</sup> Crumrine, L. Polychaeta. En A. L. Shanks (Ed.), Identification Guide to Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest (pp. 39-77). Oregon: Oregon State University Press. 2001

<sup>747</sup> Padilla, & Cuesta, Op. Cit.

<sup>748</sup> Puranik, & Bhate, Op. Cit.

<sup>749</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>750</sup> Báez, & Ardila, Op. Cit.

<sup>751</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>752</sup> Puranik, & Bhate, Op. Cit.

<sup>753</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>754</sup> Crumrine, Polychaeta. En Shanks, Op. Cit.

<sup>755</sup> Murugesan, & Khan, Op. Cit.

<sup>756</sup> Crumrine, Polychaeta. En Shanks, Op. Cit.

Estos anélidos presentan diferentes modos de vida, existen algunas especies pelágicas que pueden ser desde pasivos rastreadores hasta nadadores rápidos<sup>757</sup>, en este último caso, se caracterizan por presentar ojos muy desarrollados y por ser animales transparentes<sup>758</sup>; los poliquetos endobentónicos (aquellos que se entierran) construyen galerías en el sustrato por las cuales se mueve el organismo, tienen un prostomio pequeño y cónico, parapodios reducidos y las quetas están modificadas en ganchos llamados uncinos<sup>759</sup>, finalmente, los poliquetos tubícolas, entre los que se encuentran los serpulidos, crean tubos dentro del sustrato mediante la cementación de granos de arena, a su vez, el tubo facilita la captura de la presa<sup>760</sup>.

### Reproducción

Dentro de los poliquetos los patrones de reproducción y desarrollo larval son muy variables, la mayoría de especies son dioicas (sexos separados) y se reproducen sexualmente, sin embargo, la reproducción asexual se conoce en algunas especies y tiene lugar por budding o por división del cuerpo en dos partes o numerosos fragmentos<sup>761, 762</sup>. La etapa larval casi siempre se desarrolla en tres fases: El trocóforo, una larva ciliada y pelágica; el metatroco, en donde los parapodios (con o sin setos) se vuelven aparentes y en donde se da el desarrollo del prostomio y peristomio, y la fase larval final llamada nectoqueto en la que se distinguen muchos más setígeros<sup>763</sup>.

- Clase Clitellata

---

<sup>757</sup> Báez, & Ardila, Op. Cit.

<sup>758</sup> Ruso, Giménez, de la Ossa, Sánchez, & Ramos, Op. Cit.

<sup>759</sup> Murugesan, & Khan, Op. Cit.

<sup>760</sup> Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, Op. Cit.

<sup>761</sup> Murugesan, & Khan, Op. Cit.

<sup>762</sup> Ruso, Giménez, de la Ossa, Sánchez, & Ramos, Op. Cit.

<sup>763</sup> Marshall, & Williams, Op. Cit.

- Subclase Oligochaeta: En los oligoquetos se incluyen las lombrices de tierra pero existen también especies de agua dulce y algunas marinas, muy raras en el último caso<sup>764</sup>. Como en todos los anélidos, el cuerpo está segmentado en metámeros muy parecidos entre sí, excepto en la región anterior del cuerpo en donde se presentan las estructuras reproductoras (en una zona conocida como clitelo) y en donde se ubican también otras modificaciones asociadas con los aparatos respiratorio, nervioso y digestivo<sup>765</sup> (Figura 10.3). En estos organismos predomina la reproducción sexual cruzada y la mayoría son hermafroditas<sup>766</sup>, sin embargo, hay algunos oligoquetos que se reproducen por partenogénesis<sup>767</sup>; el desarrollo ocurre directamente sin presentar un estado larval libre<sup>768</sup>.

Se diferencian de los demás anélidos en que la segmentación se da de manera interna y externa y porque carecen de ojos, tentáculos y parapodios, aunque tienen quetas muy pequeñas de material quitinoso<sup>769, 770</sup> (Figura 10.4).

- Subclase Hirudinea: Son un pequeño grupo de anélidos que se consideran han sido derivados de la evolución de los oligoquetos<sup>771</sup>. La mayoría de hirudineos son parásitos y de agua dulce; son hermafroditas con reproducción sexual y desarrollo directo sin estado larval libre<sup>772</sup>; el cuerpo tiene dos sacos situados ventralmente, uno anterior, en donde se ubica la boca, y otro posterior; tienen quetas y parapodios totalmente reducidos<sup>773, 774</sup>, las partes reproductoras se

---

<sup>764</sup> Capraz, & Arslan, Op. Cit.

<sup>765</sup> Puranik, P., & Bhate, Op. Cit.

<sup>766</sup> Campbell, & Reece, Op. Cit.

<sup>767</sup> Fragoso, & Rojas, Op. Cit.

<sup>768</sup> Puranik, P., & Bhate, Op. Cit.

<sup>769</sup> Veiga, Op. Cit.

<sup>770</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

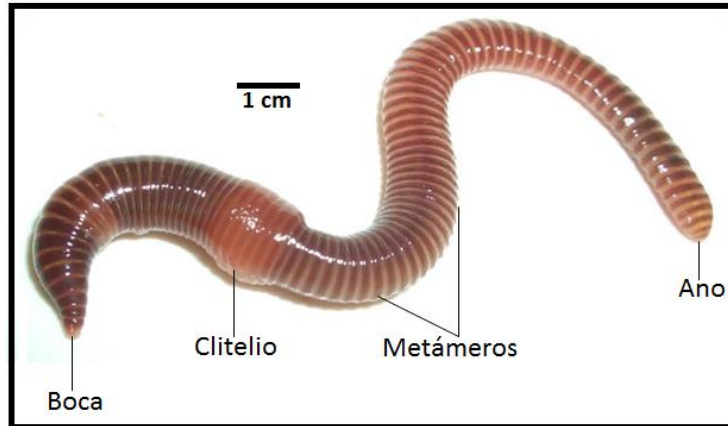
<sup>771</sup> Sket, B., & Trontelj, P. Global Diversity of Leeches (Hirudinea) in Freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 129-137. 2008

<sup>772</sup> Curtis, Barnes, Schinek, & Flores, Op. Cit.

<sup>773</sup> Puranik, & Bhate, Op. Cit.

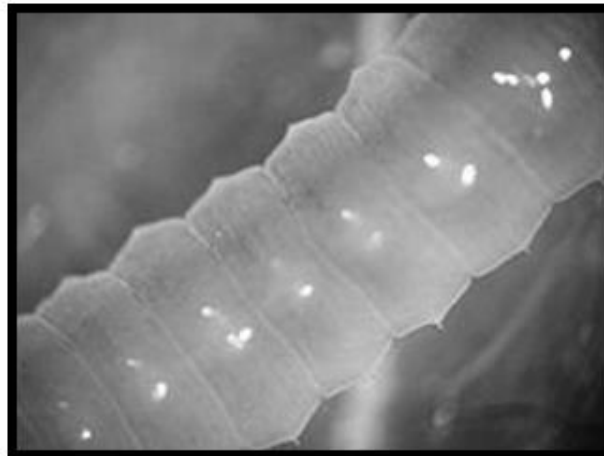
encuentran en una región llamada clitelo y la cavidad celomática se ha modificado en una serie de canales<sup>775</sup>.

**Figura 10.3. Fotografía de un oligoqueto del orden Lombriculidae.**



Fuente: Autor

**Figura 10.4. Fotografía del detalle de las quetas en los oligoquetos.**



Fuente: Land invertebrates. Recuperado de <https://www.q-files.com/life/land-invertebrates/earthworms/>

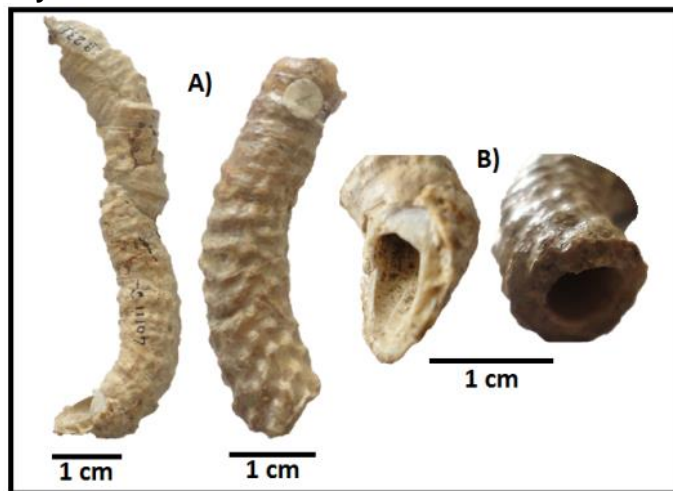
11.3.1.3 Importancia del registro geológico: Los anélidos por ser animales blandos no dejan un abundante registro fósil de sus cuerpos como tal ya que sus restos son destruidos por acción biológica y mediante procesos diagenéticos; sin

<sup>774</sup> Springer, & Holley, Op. Cit.

<sup>775</sup> Sket, & Trontelj, Op. Cit.

embargo, se han encontrado casos excepcionales en los que el organismo completo ha sido preservado. El registro que se tienen de estos invertebrados corresponde casi su totalidad a poliquetos, ya que las galerías y tubos creados por estos animales durante su vida se preservan muy bien en el registro paleontológico (Figura 10.5); no obstante, solo los tubos hechos de material calcáreo tienen posibilidad de preservarse, mientras que los construidos a partir de material quitinoso, mucoso o aglutinado se destruyen con facilidad<sup>776, 777</sup>. Los geólogos y paleontólogos casi no muestran interés en este filo ya que tienen poco valor estratigráfico y no son ideales para realizar reconstrucciones paleoambientales; además, es casi imposible realizar clasificaciones taxonómicas con base en las galerías y tubos<sup>778</sup> ya que la clasificación se realiza con base en las estructuras blandas del animal.

**Figura 10.5. Tubículos de carbonato de calcio creados por serpúlidos (Polychaeta: Serpulidae). (A) Tubos creados dentro del sustrato mediante la cementación de granos de arena; utilizados para la defensa, facilidad en la captura de la presa y como vivienda. (B) Detalle de la abertura y dimensiones de los tubos.**



Fuente: Autor.

<sup>776</sup> Jäger, M. Sabellids and Serpulids (Polychaeta sedentaria) from the Type Maastrichtian, the Netherlands and Belgium. *Scripta Geologica Special Issue*, 8, 45-81. 2012

<sup>777</sup> Ippolitov, A., Vimm, O., & Kupriyanova, E. K. Written in stone: history of serpulid polychaetes through time. *Memoirs of Museum Victoria*, 71, 123-159. 2014

<sup>778</sup> Ibid

**11.3.2 Trilobites.** Los trilobites son un subfilo extinto de los artrópodos (el filo más abundante del planeta); fueron un grupo de invertebrados exclusivamente marinos que vivieron durante el Paleozoico y que habitaron desde zonas someras hasta profundidades tan grandes en las que casi no penetraba la luz solar<sup>779</sup>; además, en poco tiempo lograron diversificarse en gran cantidad de nichos ecológicos<sup>780</sup>, lo cual se atribuye a su exitosa adaptación a los cambios ambientales y a que lograron desempeñar diversos roles ecológicos<sup>781</sup>. La mayoría de trilobites tenían un modo de vida bentónico, mientras que algunas especies más desarrolladas, predominantemente del Ordovícico, eran pelágicas<sup>782</sup> (Figura 10.6).

Aparecieron en el registro fósil durante el Cámbrico temprano y no han sido reportados en rocas más jóvenes que el Pérmico<sup>783, 784</sup>, los mayores depósitos fósiles de estos animales se ubican en Formaciones geológicas del Cámbrico, Ordovícico y Devónico y su exitosa preservación se debe a que fueron los primeros artrópodos en secretar un grueso y duro exoesqueleto hecho de carbonato de calcio con bajos contenidos de magnesio que los hacían mucho más resistentes que otros artrópodos<sup>785, 786, 787</sup>.

---

<sup>779</sup> Fortey, R. A. The Lifestyles of the Trilobites. *The Scientific Research Society*, 92, 446-453. 2004

<sup>780</sup> Rábano, I. Historia Evolutiva de los Trilobites. *Boletín S.E.A.*, 26, 225-233. 1999

<sup>781</sup> Fortey, Op. Cit.

<sup>782</sup> Gil, M. A., & Lebrón, J. A. El Proceso de Fossilización en los Trilobites. En A. Calonge, L. Rebollo, & M. D. López-Carrillo (Eds.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 202-212). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. 2008

<sup>783</sup> Riek, E. F. Merostomoidea (Arthropoda, Trilobitomorpha) From the Australian Middle Triassic. *Australian Museum*, 327-328. 1963

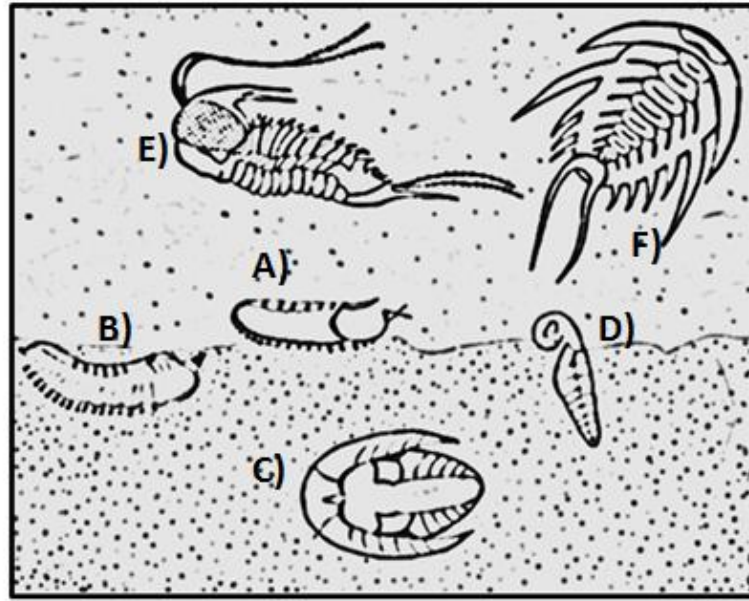
<sup>784</sup> Clarkson, E., Levi-Setti, R., & Horváth, G. The eyes of trilobites: The oldest preserved visual system. *Arthropod Structure & Development*, 35, 247-259. 2006

<sup>785</sup> Levi-Setti, R. *Trilobites* (2<sup>nd</sup> ed.). Chicago: The University of Chicago Press, Ltd. 1993

<sup>786</sup> Fortey, 2004, Op. Cit.

<sup>787</sup> Hughes, N. C. The Evolution of Trilobite Body Patterning. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35, 401-434. 2007

**Figura 10.6. Reconstrucción del modo de vida de los trilobites durante el Ordovícico. En este periodo geológico los trilobites alcanzaron su máxima diversificación y ocuparon casi todos los nichos ecológicos, desde las zonas someras, hasta el fondo oceánico con poca luz solar y la colonización del medio pelágico. (A) *Neseuretus* en movimiento, (B) *Neseuretus* en posición de reposo, (C) *Harpes* en movimiento, (D) *Panderi*, posición semi-enterrada, (E) *Opipeuter*, modo de vida pelágico, (F) *Selenopeltis*, trilobite pelágico.**



Fuente: Autor

Gracias a su abundante registro, ha podido observarse el desarrollo y diversidad de los trilobites, que sumado a la gran variedad de fósiles traza asociados a estos organismos (Figura 10.7) proporcionan el mejor registro sobre artrópodos del Paleozoico<sup>788</sup>; además, la aparición de restos fósiles que conservan los pies, antenas y otras estructuras, ha permitido inferir rasgos sobre la biología y fisiología de estos animales<sup>789</sup>.

<sup>788</sup> Ibid.

<sup>789</sup> Levi-Setti, Op. Cit.

**Figura 10.7. Icnofósiles de trilobites.**



Fuente: <https://www.flickr.com/photos/igeociencias/14011838293>

11.3.2.1 Morfología: Los trilobites se caracterizan porque su cabeza y cuerpo están divididos transversalmente en tres lóbulos diferentes, uno central y dos laterales o pleurales; así mismo, longitudinalmente el cuerpo de los organismos maduros puede dividirse en tres secciones, la cabeza o cefalón, la cual está bien diferenciada; el tórax flexible y el tallo o pigidio<sup>790, 791, 792</sup>. En estas últimas tres regiones pueden evidenciarse segmentos, sin embargo, en cada una de ellas varía la manera en que se expresan: en el tórax los segmentos son articulados, mientras que en el cefalón y el pigidio están fusionados<sup>793</sup>; por otro lado, el número de segmentos en la región cefálica permanece constante tanto en los individuos de una misma especie como en todos los organismos que conforman el clado, pero los segmentos del tórax y pigidio son variables durante el crecimiento

---

<sup>790</sup> Ibid

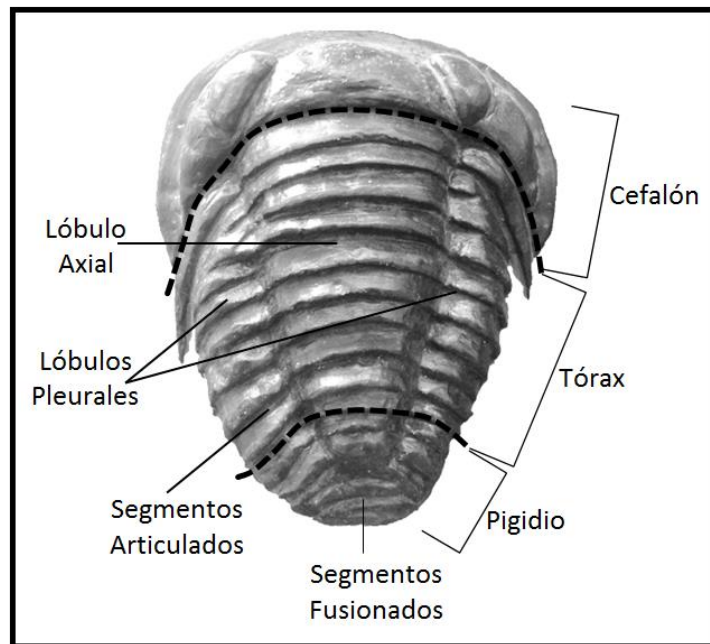
<sup>791</sup> Fortey, Op. Cit.

<sup>792</sup> Clarkson, Levi-Setti, & Horváth, Op. Cit.

<sup>793</sup> Woods, Op. Cit.

de los individuos y el número de estos depende de su clasificación taxonómica<sup>794</sup> (Figura 10.8).

**Figura 10.8. Representación de la morfología general de los trilobites.**



Fuente: Autor

Cefalón: Presenta una remarcada variedad de formas que puede ser explicada como respuesta a una adaptación de hábitos alimenticios específicos<sup>795</sup> y se cree que la fusión o sutura de los segmentos en esta región facilitaba el cambio y renovación del exoesqueleto del animal, sin embargo esto ha sido discutido durante años<sup>796</sup>. Está formado por tres pares de apéndices post-orales precedidos por un par de antenas pre-orales que tienen una función sensorial en la mayoría de los trilobites; hacia la parte de abajo se encuentra el hipostoma, que se cree servía de soporte para las partes de la boca<sup>797, 798</sup> (Figura 10.9). En la parte media

<sup>794</sup> Hughes, Op. Cit.

<sup>795</sup> Liu, Q., Lei, Q., & Ou, Q. Ventral exoskeletal morphology of the trilobite *Neodrepanura premesnili* from the Cambrian Kushan Formation, Shandong, China. *Bulletin of Geosciences*, 86 (3), 659-664. 2011

<sup>796</sup> Hughes, Op. Cit.

<sup>797</sup> Rábano, Op. Cit.

se ubica una protuberancia llamada glabela<sup>799, 800</sup> que junto a las mejillas fijas o fíxigenas forman el cráneo; hacia la parte externa del cefalón se ubican las librígenas o mejillas libres (Figura 10.10).

En la región media se diferencian también un par de ojos, que a diferencia de los demás artrópodos, son muy desarrollados y constituyen el sistema visual fósil más estudiado<sup>801</sup>. La complejidad de los ojos de los trilobites radica en que tienen lentes de calcita que pueden presentar diferentes formas<sup>802, 803, 804, 805</sup> (Figura 10.11).

- Ojos Holocroales: Son considerados los ojos ancestrales de los trilobites y se caracterizan por tener lentes pequeños, contiguos y del mismo tamaño. Se relacionan con los organismos existentes durante los 270 ma.
- Ojos Esquizocroales: Para el Ordovícico ya se evidenciaba la evolución y cambios en el sistema visual de estos organismos; los ojos poseían una estructura interna más compleja y tenían lentes mucho más grandes que se separaban entre sí por una cutícula llamada esclera.
- Ojos Abatocroales: Confinado a un solo suborden del Cámbrico inferior y medio, los lentes son delgados, levemente separados y se cree que cada uno de pudo haber tenido su propia membrana calcítica.

La reducción de los ojos y pérdida de la visión de algunas especies del Devónico se atribuye a que estos organismos ya no necesitaban de este sentido para

---

<sup>798</sup> Jones, Op. Cit.

<sup>799</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>800</sup> Turek, Marek, & Benes, Op. Cit.

<sup>801</sup> Clarkson, Levi-Setti, & Horváth, 2006, Op. Cit.

<sup>802</sup> Cañaberas, R. L., Arroyo, F. A., Hernández, A., & Mora, M. Modelización primaria de la estructura interna de los ommatidia de los ojos de los trilobites. *Dugesiana*, 11 (2), 1-18. 2004

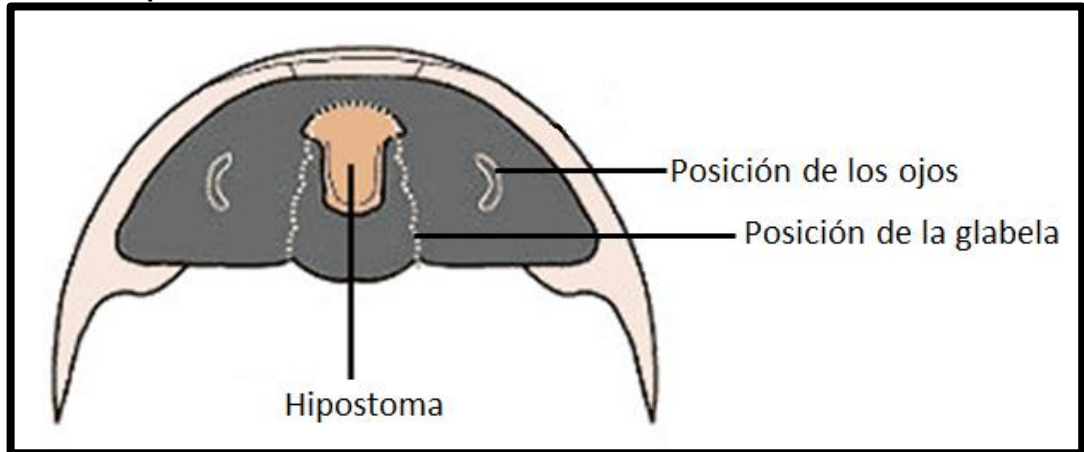
<sup>803</sup> Schoenemann, B., & Clarkson, E. N. K. The eyes of Bohemian Trilobites. *The Open Congress ČGS and SGS*, 45-50. 2011

<sup>804</sup> Schawab, I. R. *Evolution's Witness: How Eyes Evolved*. Oxford: Oxford University Press, Inc. 2012

<sup>805</sup> Seilacher, A., & Gishilick, A. D. *Morphodynamics*. Boca Raton: CRC Press. 2015

sobrevivir pues lograron adaptarse a ambientes muy profundos con poca cantidad de luz solar y muchos otros se enterraban en el sustrato, por tanto, la visión se fue atrofiando con el tiempo<sup>806, 807</sup>.

**Figura 10.9. Representación de la vista ventral del cefalón de un trilobite.**

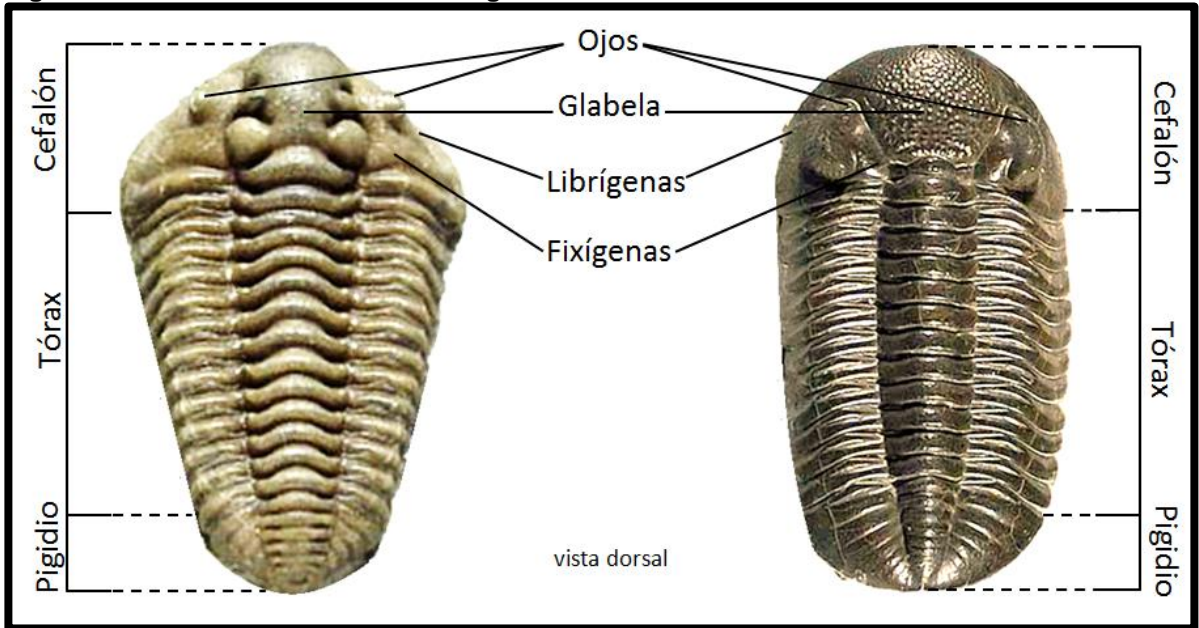


Recuperado y modificado de <http://trilobiteame.jimdo.com/los-trilobites/morfolog%C3%ADa/cefal%C3%B3n/>

<sup>806</sup> Berkowski, B. A blind phacopid trilobite from the Famennian of the Holy Cross Mountains. *Acta Palaeontologica Polonica*, 36 (3), 255-264. 1991

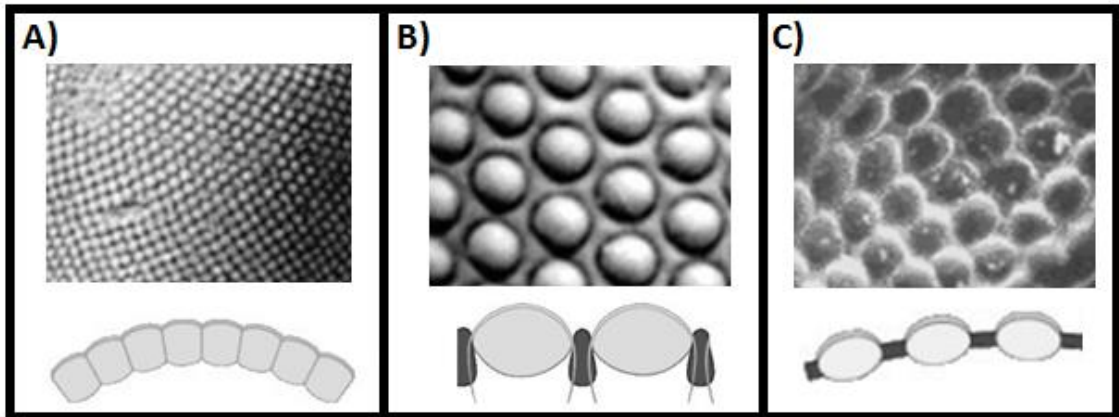
<sup>807</sup> Rábano, Op. Cit.

**Figura. 10.10. Diferencia en la morfología del cefalón de los trilobites.**



Fuente: Autor

**Figura 10.11. Variedades morfológicas de los ojos en los trilobites correspondientes a variaciones adaptativas respecto al nicho ecológico que habitaban. (A) Holocroales. (B) Esquizocroales. (C) Abatocroales.**



Fuente: Morfología de los trilobites. Modificado de <http://www.asturnatura.com/articulos/trilobites/morfo.php>

Tronco: Es la unión del tórax y el pigidio y su forma varía dependiendo de la especie, se llama homónimo en el caso en que los segmentos solo varían en tamaño, y heterónimo en donde el tronco posee más de un morfotipo de

segmento. El pigidio es casi siempre de forma triangular o semicircular y la mayoría de trilobites eran capaces de enrollarse por medio de contracciones dadas en esta parte del cuerpo y en la zona posterior del tórax<sup>808, 809</sup>.

11.3.2.3 Importancia en el registro fósil: Los trilobites son el grupo fósil más utilizado para hacer bioestratigrafía y son los invertebrados más importantes para diferenciar biozonas en Formaciones geológicas del Cámbrico ya que muchas especies se confinaron a ciertos periodos de tiempo; así mismo, la abundancia que experimentaron estos especímenes durante el Cámbrico, la disminución de su diversificación durante el Ordovícico atribuida a la glaciación ocurrida durante este periodo y su completa extinción a finales del Pérmico, facilita la identificación y subdivisión de los diferentes periodos geológicos del Paleozoico<sup>810</sup>.

Por otro lado, el abundante registro fósil de estos organismos ha permitido diferenciar ciertos aspectos morfológicos asociados a su evolución, lo que facilita en gran medida la correlación de los restos mineralizados con ciertos Periodos geológicos, por ejemplo, los trilobites confinados al Cámbrico se caracterizan por tener un tórax con un gran número de segmentos y un pigidio pequeño, mientras que aquellos especímenes del Ordovícico poseían un gran pigidio y pocos segmentos torácicos<sup>811</sup> (Figura 10.12).

---

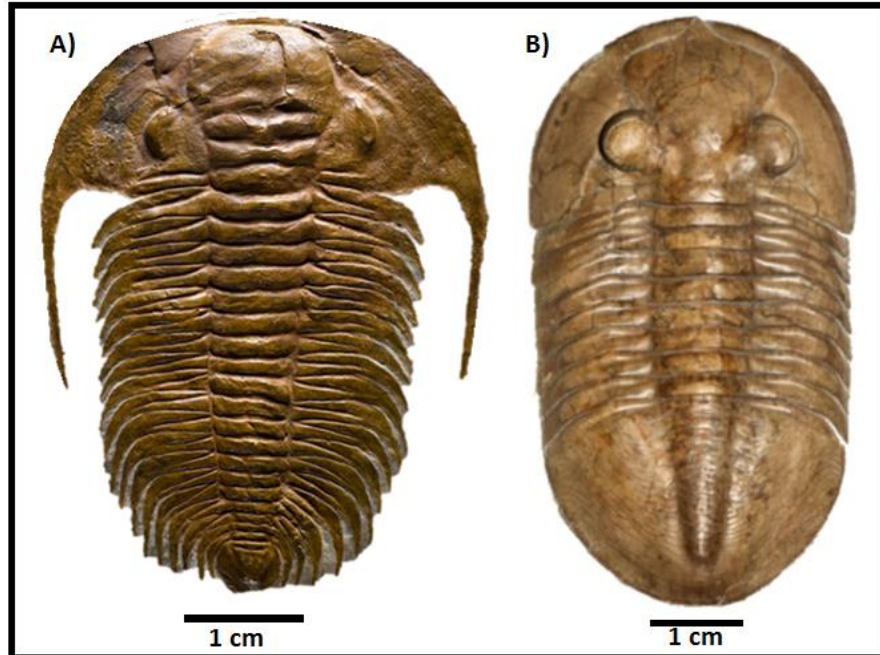
<sup>808</sup> Woods, Op. Cit.

<sup>809</sup> Liu, Lei, & Ou, Op. Cit.

<sup>810</sup> Barret, K. Biostratigraphic Analysis of Trilobites Within Chronostratigraphic Units of the Paleozoic Era. Department of Petroleum Engineering, Louisiana State University, 1-11. 2009

<sup>811</sup> Woods, Op. Cit.

Figura 10.12. Variaciones morfológicas de los trilobites a través del tiempo geológico. (A) *Paradoxides gracilis*, trilobite del Cámbrico, posee un gran tórax con numerosos segmentos y un pigidio de tamaño muy inferior al cefalón (micropigidio). (B) *Asaphus rex*, trilobite del Ordovícico medio; presenta un pigidio más grande que el cefalón (macropigidio) o en algunos casos del mismo tamaño que el último (isopigidio).



Fuente: Autor

#### 11.4 PROCEDIMIENTO Y DESARROLLO DE PREGUNTAS

##### Trabajo Individual

Después de estudiar las principales características del filo Anélida y el subfilo Trilobita, escoja de manera alterna especímenes fósiles de trilobites y anélidos de la bandeja N° 12 del laboratorio de paleontología para realizar sus análisis. Siga el mismo procedimiento para la mayor cantidad de muestras, trate de escoger ejemplares morfológicamente distintos. Recuerde que junto con cada espécimen se encuentra su respectiva clasificación taxonómica.

- Fase de Observación

Detalle las muestras y observe las siguientes características:

Especímenes del subfilo Trilobita

- 1) Identifique los tres lóbulos transversales y los tres longitudinales
- 2) ¿Cuál es la morfología del cefalón?
- 3) Determine la presencia del caparazón
- 4) ¿Son todos los segmentos iguales o presentan morfologías diferentes?
- 5) ¿Qué tipos de ojos posee el ejemplar?
- 6) ¿Observa ornamentaciones en la superficie del espécimen? ¿En qué zonas del cuerpo se ubican?
- 7) ¿Cuál es la relación de tamaño entre el pigidio y el cefalón?

Especímenes del filo Anélida

- 1) ¿El espécimen estudiado se trata de un cuerpo fósil o un fósil traza?
- 2) Si el espécimen corresponde a un fósil traza ¿Se trata de una galería o un tubículo?
- 3) ¿Observa un gran número de fósiles en la muestra o se trata de un solo ejemplar?
- 4) ¿Observa algún tipo de ornamentación en la superficie?
- 5) ¿Cuál es el grosor de la muestra estudiada?

- Fase de Descripción

Con base en los detalles identificados durante la fase de observación, realice un dibujo para cada muestra estudiada, trazando en primer lugar un esquema general de los aspectos de la estructura fósil y posteriormente, incluya las características más detalladas, haciendo que los dibujos sean lo más preciso y real posible y que representen todas las características morfológicas que ha identificado. Represente las vistas dorsal y ventral para los trilobites. Realice una descripción escrita de los aspectos observados.

- Fase de cuestionamiento e interpretación individual
  - 1) En el caso de que el espécimen se trate de un trilobite, identifique las estructuras morfológicas que conforman el cefalón, tórax y pigidio.
  - 2) Indique el modo de vida de cada espécimen de trilobite con base en la morfología del individuo.
  - 3) ¿Pudo el exoesqueleto de los trilobites representar algún tipo de desventaja?
  - 4) Teniendo en cuenta la composición de las galerías, tubículos o cuerpos fósiles de anélidos estudiados, proponga un posible ambiente de fosilización ¿Corresponde al mismo ambiente en que vivía el ejemplar?

#### Trabajo en grupo

Conforme un grupo de cuatro personas como máximo y discutan sobre los cuestionamientos e interpretaciones llevados a cabo durante la fase anterior; sustente y argumente sus hipótesis y opine acerca de los planteamientos que han realizado sus compañeros. Respondan las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué variaciones morfológicas pudieron haber tenido los trilobites que desarrollaron un modo de vida pelágico? ¿Está el desarrollo del macropigidio relacionado con este hecho?

### 11.5 BIBLIOGRAFÍA

Báez, D. P., & Ardila, N. E. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 4 (1), 89-109. 2003

Barret, K. Biostratigraphic Analysis of Trilobites Within Chronostratigraphic Units of the Paleozoic Era. *Department of Petroleum Engineering, Louisiana State University*, 1-11. 2009

Berkowski, B. A blind phacopid trilobite from the Famennian of the Holy Cross Mountains. *Acta Palaeontologica Polonica*, 36 (3), 255-264. 1991

Campbell, N. A., & Reece, J. B. *Biología* (7ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2007

Cañaberas, R. L., Arroyo, F. A., Hernández, A., & Mora, M. Modelización primaria de la estructura interna de los ommatidia de los ojos de los trilobites. *Dugesiana*, 11 (2), 1-18. 2004

Clarkson, E., Levi-Setti, R., & Horváth, G. The eyes of trilobites: The oldest preserved visual system. *Arthropod Structure & Development*, 35, 247-259. 2006

Capraz, S., & Arslan, N. The Oligochaeta (Annelida) Fauna of Aksu Stream (Antalya). *Tübitak*, 29, 229-236. 2005

Crumrine, L. Polychaeta. En A. L. Shanks (Ed.), *Identification Guide to Larval Marine Invertebrates of the Pacific Northwest* (pp. 39-77). Oregon: Oregon State University Press. 2001

Curtis, H., Barnes, N. S., Schinek, A., & Flores, G. *Invitación a la biología* (6ª ed. en Español). Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2006

Edwards, G. I., & Pfirrmann, M. S. *E-Z Biology*. New York: Barron's Educational Series, Inc. 2009

Fragoso, C., & Rojas, P. Biodiversidad de Lombrices de Tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.* 85, 197-207. 2014

Fortey, R. A. The Lifestyles of the Trilobites. *The Scientific Research Society*, 92, 446-453. 2004

Gil, M. A., & Lebrón, J. A. El Proceso de Fossilización en los Trilobites. En A. Calonge, L. Rebollo, & M. D. López-Carrillo (Eds.), *Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 202-212). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. 2008

Gould, A. A. *Report on the Invertebrata of Massachusetts: Comprising the Mollusca, Crustacea, Annelida, and Radiata*. Cambridge: Cambridge University Press. 1841

Hughes, N. C. The Evolution of Trilobite Body Patterning. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35, 401-434. 2007

Ippolitov, A., Vimm, O., & Kupriyanova, E. K. Written in stone: history of serpulid polychaetes through time. *Memoirs of Museum Victoria*, 71, 123-159. 2014

Jäger, M. Sabellids and Serpulids (Polychaeta sedentaria) from the Type Maastrichtian, the Netherlands and Belgium. *Scripta Geologica Special Issue*, 8, 45-81. 2012

Jones, R. W. *Applied Palaeontology*. Cambridge: Cambridge University Press. 2006

Levi-Setti, R. *Trilobites* (2<sup>nd</sup> ed.). Chicago: The University of Chicago Press, Ltd. 1993

Liu, Q., Lei, Q., & Ou, Q. Ventral exoskeletal morphology of the trilobite *Neodrepanura premesnili* from the Cambrian Kushan Formation, Shandong, China. *Bulletin of Geosciences*, 86 (3), 659-664. 2011

Marshall, A. J., & Williams, W. D. *Zoología: Invertebrados*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1985

Murugesan, P., & Khan S. A. Polychaetes. *Centre of Advanced Study in Marine Biology*, 297-301. ca. 1999

Padilla, F., & Cuesta, A. E. *Zoología aplicada*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2003

Puranik, P., & Bhate, A. *Animal Forms And Functions: Invertebrata*. New Delhi: Sarup & Sons. 2007

Rábano, I. Historia Evolutiva de los Trilobites. *Boletín S.E.A*, 26, 225-233. 1999

Riek, E. F. Merostomoidea (Arthropoda, Trilobitomorpha) From the Australian Middle Triassic. *Australian Museum*, 327-328. 1963

Ruso, Y., Giménez, F., de la Ossa, J. A., Sánchez, J. L., & Ramos, A. A. *Guía práctica para la identificación de familias de poliquetos*. Alicante, España: Editorial Club Universitario. 2014

Schawab, I. R. *Evolution's Witness: How Eyes Evolved*. Oxford: Oxford University Press, Inc. 2012

Schoenemann, B., & Clarkson, E. N. K. The eyes of Bohemian Trilobites. *The Open Congress ČGS and SGS*, 45-50. 2011

Seilacher, A., & Gishilick, A. D. *Morphodynamics*. Boca Raton: CRC Press. 2015

Sket, B., & Trontelj, P. Global Diversity of Leeches (Hirudinea) in Freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 129-137. 2008

Springer, J. T., & Holley, D. *An Introduction to Zoology*. Wall Street: Jones & Bartlett learning. 2013

Turek, V., Marek, J., & Benes, J. *Atlas ilustrado de los Fósiles*. Madrid: Susaeta Ediciones, S.A. 2005

Veiga, M. P. *La Meiofauna Intermareal de Sustratos Blandos de la Ría do Barqueiro (Galiza)*. Lugo, España: Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Zooloxía e Antropoloxía Física. 2008

Woods, H. *Paleontology Invertebrate*. Cambridge: Cambridge University Press. 1958

**ANEXO B. Contenido del aula virtual de aprendizaje implementada para el apoyo de las prácticas de laboratorio de la asignatura paleontología.**

(El presente anexo contiene numeración de página independiente del resto del libro)

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INGRESO AL AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE .....	287
2. INGRESO AL CURSO DE PALEONTOLOGÍA GENERAL.....	289
3. PRESENTACIÓN DEL AULA VIRTUAL DE PALEONTOLOGÍA .....	292
3.1 BIENVENIDA AL CURSO .....	292
3.2 PROPÓSITO DEL AULA VIRTUAL DE PALEONTOLOGÍA .....	292
4. SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	294
5. PRESENTACIÓN DE LAS UNIDADES EN EL AULA VIRTUAL.....	297
5.1 PORTADA DE LOS LABORATORIOS .....	298
5.2 OBJETIVO E IMPORTANCIA DE ESTUDIAR CADA UNIDAD .....	301
5.3 VIDEOS RELACIONADOS A CADA LABORATORIO .....	301
5.4 DISEÑO DEL MATERIAL ADJUNTO A CADA LABORATORIO .....	302
5.4.1 Catálogo de muestras .....	302
5.4.2 Actividades Propuestas .....	304
5.5 SISTEMA EVALUATIVO.....	309

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Pasos para ingresar en el Aula Virtual de Aprendizaje.....	287
Figura 2. Detalle del recuadro llamado “Recursos”.....	288
Figura 3. Visualización de la pestaña desplegada para que el alumno pueda ingresar en el AVA.....	289
Figura 4. Imagen donde se observa el recuadro denominado “Navegación”.....	290
Figura 5. Detalle de la opción “Mis cursos”.....	290
Figura 6. Visualización de la totalidad de cursos virtuales en los cuales está matriculado un alumno en particular.....	291
Figura 7. Etiqueta general del Aula virtual de Paleontología.....	293
Figura 8. Visualización del foro implementado en el AVA.....	295
Figura 9. Visualización del tablón de anuncios implementado en el AVA.....	296
Figura 10. Detalle del recuadro “Navegación”.....	298
Figura 11. Estructura de las Unidades o Temas implementados en el AVA.....	299
Figura 12. Portadas de los laboratorios.....	300
Figura 13. Catálogo de muestras del Laboratorio N°1.....	303
Figura 14. Catálogo de muestras del Laboratorio N°9: Equinodermos.....	303
Figura 15. Catálogo de muestras del Laboratorio N°2: Fosilización.....	304
Figura 16. Visualización de la actividad “Resumen del video”.....	305
Figura 17. Visualización de la actividad “Mapa conceptual”.....	306
Figura 18. Visualización de la actividad “Consulta”.....	307
Figura 19. Visualización de la actividad “Pensamiento crítico”.....	308
Figura 20. Detalle del recuadro “Administración”.....	309
Figura 21. Imagen donde se observa la totalidad de preguntas que conforman el “banco de preguntas”.....	310

Figura 22. Ejemplo de las preguntas de completamiento .....	311
Figura 23. Ejemplo de las preguntas de selección múltiple .....	312
Figura 24. Ejemplo de las preguntas de verdadero-falso.....	313

## 1. INGRESO AL AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE

La implementación del Aula Virtual de Aprendizaje de la asignatura Paleontología se llevó a cabo en la Plataforma Moodle, una herramienta ofrecida de manera gratuita por la Universidad y disponible en la página web institucional, en la que únicamente los alumnos matriculados en la asignatura podrán acceder al contenido del curso y a todo el material disponible en este, incluyendo los recursos, actividades y sistemas evaluativos implementados.

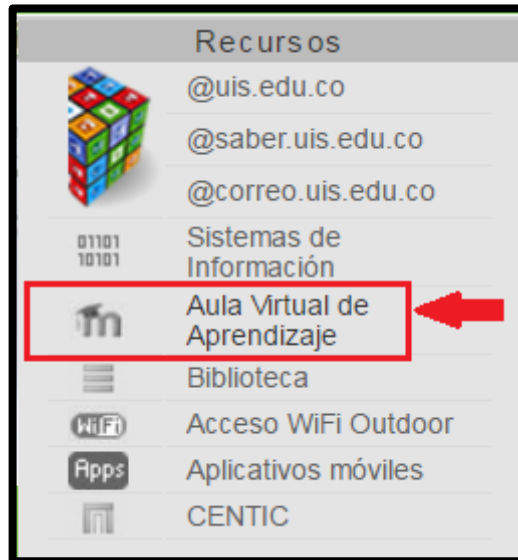
Como se mencionó anteriormente, para que los alumnos puedan acceder al Aula Virtual de Aprendizaje deben ingresar en la página web institucional (<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/index.jsp>); una vez allí, dirigirse al recuadro llamado “Recursos” que se ubica en la parte superior derecha de la pantalla (Figura 1) e ingresar en la opción “Aula Virtual de Aprendizaje” (Figura 2).

Figura 1. Pasos para ingresar en el Aula Virtual de Aprendizaje.



Fuente: Autor.

**Figura 2. Detalle del recuadro llamado “Recursos”.**



Fuente: Autor.

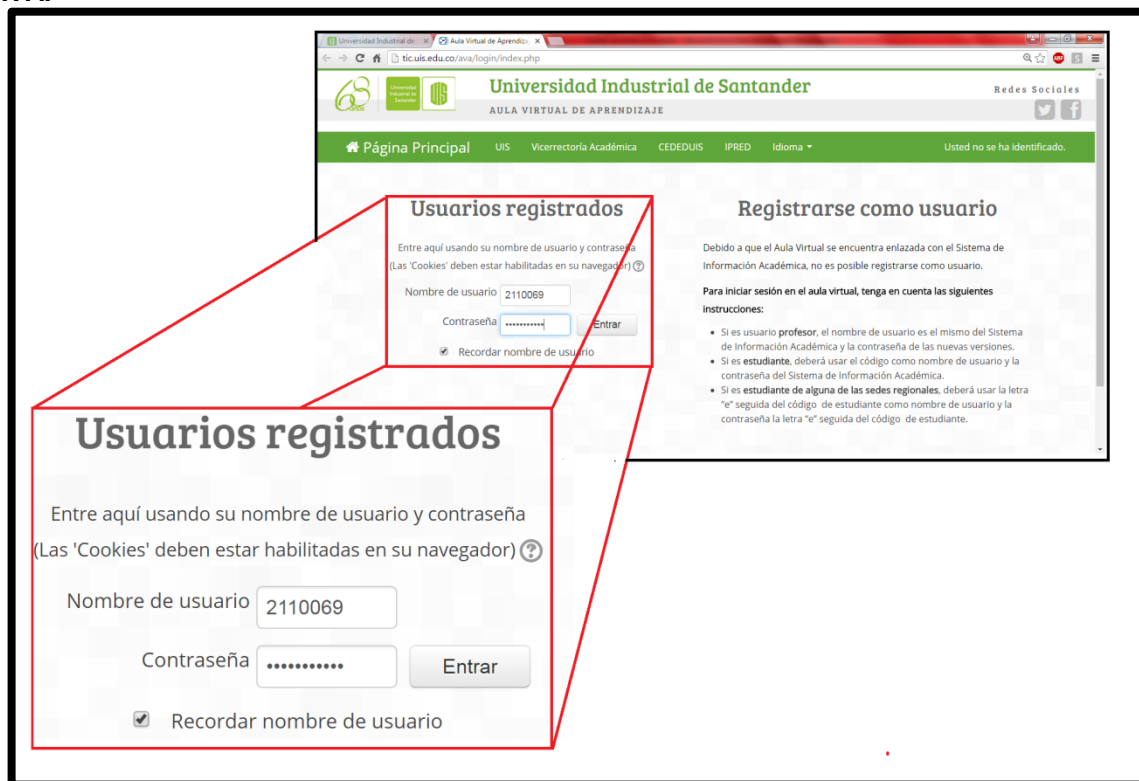
Después de ingresar en la opción “Aula Virtual de Aprendizaje”, se abrirá una nueva pestaña en donde los alumnos deben registrarse, utilizando como nombre de usuario su respectivo código de estudiante y la contraseña del Sistema de Información Académica. Posteriormente debe dar clic en la opción “Entrar” (Figura 3).

## 2. INGRESO AL CURSO DE PALEONTOLOGÍA GENERAL

Una vez el estudiante logre acceder al AVA, debe ubicar el recuadro “Navegación” que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla (Figura 4) e ingresar en la opción “Mis cursos” (Figura 5), en donde cada estudiante podrá observar la totalidad de los cursos virtuales en los cuales está matriculado.

El Aula Virtual de Aprendizaje implementado en ésta tesis de grado se denomina “Paleontología”, de tal manera que los alumnos deben ingresar en la opción del mismo nombre que se visualiza una vez se acceda a “Mis cursos” (Figura 6).

**Figura 3. Visualización de la pestaña desplegada para que el alumno pueda ingresar en el AVA.**



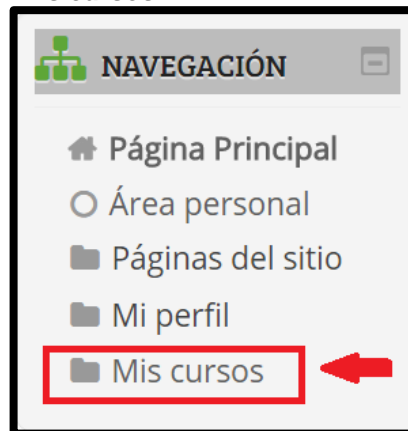
Fuente: Autor.

Figura 4. Imagen donde se observa el recuadro denominado “Navegación”.



Fuente: Autor.

Figura 5. Detalle de la opción “Mis cursos”.



Fuente: Autor.

Figura 6. Visualización de la totalidad de cursos virtuales en los cuales está matriculado un alumno.



Fuente: Autor.

### **3. PRESENTACIÓN DEL AULA VIRTUAL DE PALEONTOLOGÍA**

Una vez los estudiantes ingresen al Aula Virtual de Aprendizaje de Paleontología, podrán observar la etiqueta general del curso, que contiene una imagen de bienvenida con el título y el propósito del mismo y cuya intención es motivar e incentivar al estudiante para que acceda al contenido del AVA, a los recursos disponibles, actividades propuestas y sistema evaluativo en línea implementado.

#### **3.1 BIENVENIDA AL CURSO**

Durante la etapa de diseño del Aula Virtual de Aprendizaje se pensó en crear un curso que fuera atractivo para los estudiantes y que lograra retener el interés de los usuarios que participaran en éste, por tanto, la imagen de bienvenida al curso, que se observa en la Figura 7, busca generar una buena primera impresión en los alumnos que ingresan en la plataforma, introduciendo al estudiante en el mundo paleontológico y en la importancia del mismo, observando las reconstrucciones que se pueden hacer mediante una buena interpretación de los fósiles encontrados en campo.

#### **3.2 PROPÓSITO DEL AULA VIRTUAL DE PALEONTOLOGÍA**

El propósito del curso puede observarse justo debajo de la imagen de bienvenida del Aula Virtual de Aprendizaje (Figura 7). En éste se menciona la importancia que tiene el AVA como apoyo y complemento del aprendizaje práctico de la asignatura

y describe de manera general los recursos que están disponibles y a los cuales puede acceder el estudiante.

Propósito del Aula Virtual de Aprendizaje:

Este es un espacio diseñado para el aprendizaje práctico de la Paleontología de Invertebrados, en donde los alumnos matriculados en la asignatura podrán acceder a todos los especímenes fósiles con que cuenta la Escuela de Geología, a sus fotografías y correspondientes descripciones, al mismo tiempo que podrá autoevaluar sus conocimientos sobre cada una de las temáticas vistas en los laboratorios mediante la solución de cuestionarios y con ayuda de otras herramientas didácticas.

Figura 7. Visualización de la etiqueta general del Aula virtual de Paleontología.

The screenshot shows the user interface of the 'Aula Virtual de Aprendizaje' for Paleontology of Invertebrates. At the top, the header includes the University of Santander logo and name, 'AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE', and social media links. The main navigation bar shows the user is logged in as 'Jenny Roxana Ariza Bareño'. The left sidebar contains a 'NAVEGACIÓN' menu with options like 'Página Principal', 'Área personal', and a list of topics from 'Tema 1' to 'Tema 10'. The central content area features a large blue graphic with the text 'Aula Virtual' and 'PALEONTOLOGÍA DE INVERTEBRADOS', accompanied by images of fossil shells and a trilobite. Below this graphic is a red-bordered box containing a descriptive paragraph about the learning space. To the right, there are sections for 'ÚLTIMAS NOTICIAS', 'BUENOS DÍAS' (showing the user's profile and last login), and 'MENSAJES'.

Este es un espacio diseñado para el aprendizaje práctico de la Paleontología de Invertebrados, en donde los alumnos matriculados en la asignatura podrán acceder a todos los especímenes fósiles con que cuenta la Escuela de Geología, a sus fotografías y correspondientes descripciones, al mismo tiempo que podrá autoevaluar sus conocimientos sobre cada una de las temáticas vistas en los laboratorios mediante la solución de cuestionarios y con ayuda de otras herramientas didácticas.

Fuente: Autor.

#### **4. SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

Como se ha mencionado anteriormente, una de las mayores ventajas que presenta el Aula Virtual de Aprendizaje, es que elimina por completo la barrera espacio-tiempo entre alumno y profesor, de modo que los estudiantes pueden acceder al contenido de la asignatura desde sus casas y sin implicar un costo adicional.

Pensando en esto y con el propósito de mejorar los sistemas de comunicación entre los usuarios del curso, se implementó en la plataforma un foro (Figura 8) y un tablón de anuncios (Figura 9) para que el profesor pueda estar en contacto con sus estudiantes.

El foro está planteado como un sitio de discusión online en donde los participantes del Aula Virtual pueden publicar preguntas referentes a la Paleontología, creando una conversación grupal en donde el profesor participará de la misma resolviendo las inquietudes de los alumnos. Continuamente se pueden abrir nuevos temas de discusión en los que los usuarios responderán con sus opiniones y en base a sus conocimientos.

**Figura 8. Visualización del foro implementado en el Aula Virtual de Aprendizaje.**



Fuente: Autor.

Por otro lado, el tablón de anuncios es un espacio diseñado para que los participantes del curso pueden dejar mensajes públicos, novedades o anuncios referentes a la asignatura, como por ejemplo, la fecha de un parcial, algún cambio repentino en el horario de la clase o alguna noticia relacionada con la salida de campo del curso; sin embargo, cualquier duda que los alumnos presenten referente a una publicación del tablón de anuncios deberá plantearse en el foro.

Figura 9. Visualización del tablón de anuncios implementado en el Aula Virtual de Aprendizaje.

The screenshot displays the user interface of the 'Aula Virtual de Aprendizaje' (Virtual Learning Environment) at the 'Universidad Industrial de Santander'. The header includes the university logo, name, and navigation links for 'Redes Sociales' and the user 'Jenny Roxana'. The main navigation bar shows the user is logged in as 'Jenny Roxana Ariza Bareño (Salir)'. A left sidebar titled 'NAVEGACIÓN' lists various site sections, with 'Tablón de anuncios' and its sub-topics (Tema 1-8) highlighted. The main content area features a large graphic with the text 'TABLÓN DE ANUNCIOS' and an image of a corkboard with pinned notes. Below the graphic, a descriptive text explains the purpose of the noticeboard: 'Éste es un espacio en donde se pueden dejar mensajes públicos, novedades o anuncios referentes a la asignatura, como por ejemplo, la fecha de un parcial, algún cambio repentino en el horario de la clase o alguna noticia relacionada con la salida de campo del curso.'

Fuente: Autor.

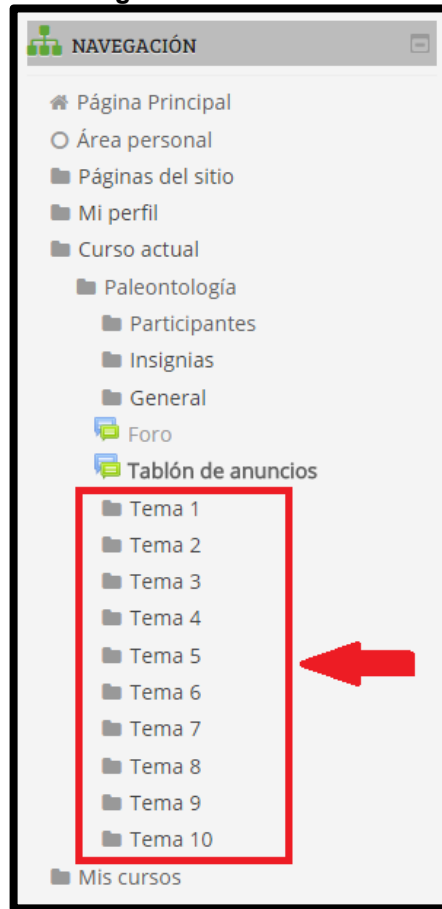
## 5. PRESENTACIÓN DE LAS UNIDADES EN EL AULA VIRTUAL

En el recuadro “Navegación” del Aula Virtual de Aprendizaje, ubicado a la izquierda de la pantalla, los alumnos podrán encontrar diez diferentes Temas correspondientes a los diez laboratorios que comprenden el módulo práctico de la asignatura (Figura 10).

La presentación de cada Unidad o Tema está estructurada de la siguiente manera (Figura 11):

- Portada para cada laboratorio
- Importancia de abordar cada uno de los temas de la práctica
- Uno o más videos referentes a la práctica
- Documentos adjuntos: Catálogo de muestras de los fósiles del laboratorio
- Actividades propuestas para desarrollar en casa

**Figura 10. Detalle del recuadro “Navegación”**





Fuente: Autor.

## 5.1 PORTADA DE LOS LABORATORIOS

Cuando un participante del curso accede a un Tema o Unidad, lo primero que visualiza es la portada de cada Laboratorio, por tal motivo, éstas fueron diseñadas con el objetivo de atraer la atención de los alumnos y contienen imágenes llamativas que especifican el tema a tratar y el grupo invertebrado que será objeto de estudio, de modo que el estudiante puede reconocer enseguida y de manera visual, las principales características morfológicas del grupo taxonómico que estudiará (Figura 12).

Figura 11. Estructura de las Unidades o Temas implementados en el Aula Virtual de Aprendizaje.

<p>Tema 1</p> <p>Laboratorio N°1: Paleoeología</p>  <p>El objetivo principal de la paleoecología es describir la historia y evolución de la Tierra y de sus organismos apoyándose en los conceptos de la Ecología. Igualmente, intenta reconstruir el medio ambiente de los yacimientos fósiles y busca evidencias de cambios ecológicos o ambientales a lo largo del tiempo geológico para poder documentar los cambios climáticos ocurridos en el pasado y asociarlos con los cambios evolutivos de los seres vivos.</p> <p>How can fossils reveal wh... Hints from Fossils</p> <p>What does a fossil commu...</p> <p>Catálogo de Muestras Paleoeología <input type="checkbox"/></p> <p>Fotografía y descripciones de las muestras fósiles del Laboratorio de Paleontología referentes al estudio Paleoeológico</p>	<p>Tema 4</p> <p>Laboratorio N°4: Phylum Porifera y Phylum Bryozoa</p>  <p>Los poríferos, por el hecho de poseer representantes actuales se consideran un grupo importante para hacer reconstrucciones paleoecológicas pues se puede reconstruir fácilmente los ambientes del pasado; igualmente, el hecho de ser organismos sésiles permite emplearlos como indicadores del comportamiento temporal de los factores ambientales. Por otro lado, los briozoos son buenos indicadores paleoambientales y paleoclimáticos pues están estrechamente relacionados con el tipo de sedimento en el que se encuentran y porque algunos parámetros ambientales pueden deducirse de las asociaciones de briozoos.</p> <p>What is so important about fos...</p> <p>What are Fossil Bryozoans?</p> <p>Catálogo de muestras Poríferos <input type="checkbox"/></p> <p>Catálogo de muestras Briozoos <input type="checkbox"/></p>
--	--

Fuente: Autor.

Figura 12. Portadas de los laboratorios.



Fuente: Autor

## **5.2 OBJETIVO E IMPORTANCIA DE ESTUDIAR CADA UNIDAD**

Justo debajo de la portada, se describe el objetivo del laboratorio y la importancia de abordar el contenido de la Unidad, de tal manera que los estudiantes puedan comprender cuál es la relevancia del tema o del grupo taxonómico visto, y cuál es la utilidad de los fósiles estudiados para las ciencias de la Tierra. Para cada grupo invertebrado, se señala su valor paleontológico, el rango estratigráfico en que pueden encontrarse, y de igual manera, si pueden considerarse fósiles índice, o por el contrario, deben utilizarse como herramientas para llevar a cabo estudios paleoecológicos, bioestratigráficos, paleobiogeográficos, paleoclimáticos, entre otros.

## **5.3 VIDEOS RELACIONADOS A CADA LABORATORIO**

Cada Tema o Unidad cuenta con uno o más videos referentes a la práctica y todos los videos que se subieron al Aula Virtual pertenecen a una única fuente, un profesor de geología de la Universidad de Utah llamado Benjamín Burger. El motivo por el que se escogieron éstos videos es por la confiabilidad y veracidad de la información que se presenta en ellos; además, porque el profesor logra explicar de manera clara y precisa las principales características de los invertebrados estudiados, enfocando sus videos hacia la parte paleontológica, mientras que la gran mayoría de autores se enfocan en la parte biológica. De igual manera, la duración de los videos se consideró adecuada para el curso, ya que la extensión de los mismos no supera los quince minutos, logrando que el estudiante se motive a verlos.

## 5.4 DISEÑO DEL MATERIAL ADJUNTO A CADA LABORATORIO




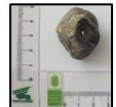


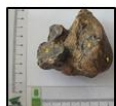

Después de los videos y para finalizar la presentación de cada uno de los Temas del Aula Virtual de Aprendizaje, se encuentra adjunto uno o más documentos en formato PDF que abarcan temas no incluidos en el manual de laboratorio elaborado en éste proyecto de grado, así como algunas actividades propuestas para que los alumnos realicen en sus casas y refuercen los conocimientos adquiridos en las clases presenciales, al mismo tiempo que desarrollan nuevas competencias.

**5.4.1 Catálogo de muestras.** En el Aula Virtual de Aprendizaje se adjuntaron en total doce documentos PDF que conforman un catálogo de muestras de los fósiles de laboratorio con que cuenta la Escuela de Geología; dichos documentos se añadieron al final de cada Unidad del curso, con el propósito de que los alumnos puedan acceder a los especímenes del laboratorio, estudiar sus principales características morfológicas y clasificación taxonómica desde sus casas.

El catálogo de muestras es sin duda una herramienta que apoyará el aprendizaje de la asignatura, ya que durante las prácticas es muy difícil que los alumnos puedan estudiar todos los ejemplares con que cuenta el laboratorio; esto, debido al gran número de estudiantes y muestras, y a que el tiempo es un factor limitante.







Cada uno de los catálogos está estructurado de la siguiente manera: se presenta en primer lugar una portada que muestra el número y nombre del laboratorio al que pertenecen las muestras que se describirán a continuación; enseguida, se muestra la descripción de los fósiles, en donde se señala la clasificación taxonómica de los ejemplares; se observa una imagen a escala del espécimen que señala las características más significativas del mismo; y se describen sus principales aspectos morfológicos (Figura 13, 14 y 15).

Figura 13. Catálogo de muestras del Laboratorio N°1: Paleocología.

<p><b>Catálogo de Muestras:</b></p> <p><b>Laboratorio N°1</b> <b>Paleoecología</b></p>	<p><b>RELACIÓN ENTRE PECTEN Y BALANOS</b></p>  <p>En esta muestra se observa una asociación entre dos organismos, uno correspondiente al Pecten (Pecten, Chamaelea (Pecten)) y al otro perteneciente al Pecten (Pecten, Chamaelea (Pecten)).</p> <p>El Pecten (Pecten) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra y el Pecten (Pecten, Chamaelea (Pecten)) es el que se encuentra en la parte inferior de la muestra.</p>	<p><b>RELACIÓN ENTRE CUCULLAE Y CERATOSTRÉON</b></p>  <p>En esta muestra se observan tres organismos pertenecientes al Pecten (Pecten, Chamaelea (Pecten)) y dos organismos pertenecientes al Ceratostreon (Ceratostreon).</p> <p>El Ceratostreon (Ceratostreon) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra y el Pecten (Pecten, Chamaelea (Pecten)) es el que se encuentra en la parte inferior de la muestra.</p>
<p><b>SERPÚLIDOS</b></p>  <p>Esta muestra es un ejemplo claro de lo que se llama un serpúlido y es que son estructuras que se forman en las paredes de los tubos que forman el serpúlido y que se forman en las paredes de los tubos que forman el serpúlido.</p>	<p><b>RELACIÓN ENTRE EQUINODERMO Y BIVALVO</b></p>  <p>En esta muestra se observa un equinodermo y un bivalvo.</p> <p>El equinodermo (Equinodermo) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra y el bivalvo (Bivalvo) es el que se encuentra en la parte inferior de la muestra.</p>	<p><b>BIVALVO</b></p>  <p>En esta muestra se puede observar una concha de bivalvo y un serpúlido.</p> <p>El serpúlido (Serpúlidos) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra y el bivalvo (Bivalvo) es el que se encuentra en la parte inferior de la muestra.</p>
<p><b>RELACIÓN ENTRE SERPÚLIDOS Y BIVALVO</b></p>  <p>En esta muestra se observa un bivalvo (Bivalvo) con una pared de serpúlido (Serpúlidos) que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>	<p><b>RELACIÓN ENTRE SERPÚLIDOS, GRIPHAEA Y CUCULLAE</b></p>  <p>En esta muestra se observan tres organismos: un serpúlido (Serpúlidos), un Grifhaea (Grifhaea) y un Cucullaea (Cucullaea).</p> <p>El Grifhaea (Grifhaea) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra y el serpúlido (Serpúlidos) y el Cucullaea (Cucullaea) son los que se encuentran en la parte inferior de la muestra.</p>	<p><b>RELACIÓN ENTRE AMONITE Y BIVALVO</b></p>  <p>En esta muestra se observa un amonite (Ammonite) y un bivalvo (Bivalvo).</p> <p>El amonite (Ammonite) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra y el bivalvo (Bivalvo) es el que se encuentra en la parte inferior de la muestra.</p>




Fuente: Autor.

Figura 14. Catálogo de muestras del Laboratorio N°9: Equinodermos.

<p><b>Catálogo de Muestras:</b></p> <p><b>Laboratorio N°9</b> <b>Equinodermos</b></p>	<p><b>ASTEROIDEA</b></p>  <p>En esta muestra se observa un organismo que pertenece al grupo Asteroidea.</p> <p>Este organismo (Asteroidea) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>	<p><b>DIPLOPIDIA</b></p>  <p>Este organismo (Diplopidia) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>
<p><b>TOXASTER COLUMBIANUS</b></p>  <p>Esta muestra corresponde a un equinodermo que pertenece al grupo Toxaster.</p> <p>Este organismo (Toxaster columbianus) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>	<p><b>CLIPASTEROIDEA</b></p>  <p>Este organismo (Clipasteroidea) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>	<p><b>BLASTOIDEO</b></p>  <p>Este organismo (Blastoidea) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>
<p><b>TALLO DE CRINOIDEO</b></p>  <p>Este organismo (Crinoidea) es el que se encuentra en la parte superior de la muestra.</p>		

Fuente: Autor.

**Figura 15. Catálogo de muestras del Laboratorio N°2: Fosilización.**

	<p><b>IMPRESIÓN DE PLANTA Y BIVALVO</b></p>  <p>En la muestra se pueden observar dos impresiones de una planta y un bivalvo que se formaron cuando quedaron atrapados en la resina de un árbol y que se quedó fijando como una consecuencia de las altas temperaturas del ambiente en que se formó el ámbar. Este ámbar es un tipo de resina que se formó hace millones de años y que se quedó fijando en un árbol cuando este estaba vivo. Este tipo de resina se puede utilizar para hacer joyas o para hacer resinas sintéticas.</p>	<p><b>HUESO FOSILIZADO</b></p>  <p>Debido a la porosidad que presenta la muestra y su estructura, podemos afirmar que se trata de un hueso fosilizado que sufrió un proceso de fosilización que le permitió ser preservado durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>
<p><b>XILOPALO</b></p>  <p>La muestra corresponde a un fragmento de madera que sufrió un proceso de fosilización que le permitió ser preservado durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>	<p><b>CUCULLAE CON CONCHA DESINTEGRÁNDOSE</b></p>  <p>El espécimen corresponde a un bivalvo del género Cucullaea. Este tipo de bivalvo se caracteriza por tener una concha que se desintegra con facilidad. Este tipo de bivalvo se encuentra en ambientes marinos y se caracteriza por tener una concha que se desintegra con facilidad.</p>	<p><b>FOSFORITA</b></p>  <p>La muestra corresponde a una roca fosfórica que se formó a partir de los restos orgánicos que se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>
<p><b>BIVALVO CON LA CONCHA COMPLETA</b></p>  <p>El espécimen corresponde a un bivalvo que se encuentra en su concha completa. Este tipo de bivalvo se caracteriza por tener una concha que se encuentra en su estado original. Este tipo de bivalvo se encuentra en ambientes marinos y se caracteriza por tener una concha que se encuentra en su estado original.</p>	<p><b>MOLDE DE BIVALVO</b></p>  <p>En la muestra se puede observar el molde de un bivalvo que se formó debido a la conservación de los sedimentos que se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>	<p><b>BIVALVO EN PIRITA</b></p>  <p>En la muestra se observa la concha de un bivalvo que se encuentra en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>
<p><b>BIVALVO EN YESO</b></p>  <p>En la muestra se observa un bivalvo que se encuentra en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>	<p><b>IMPRESIÓN DE AMONITE</b></p>  <p>La muestra es una impresión de un amonite que se formó cuando quedó atrapado en la resina de un árbol y que se quedó fijando como una consecuencia de las altas temperaturas del ambiente en que se formó el ámbar. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>	<p><b>BIVALVO CON RECRISTALIZACIÓN EN CALCITA</b></p>  <p>El espécimen corresponde a un bivalvo que se encuentra en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>
<p><b>TAFOCENOSIS</b></p>  <p>La muestra es un tipo de tafocenosis que se formó cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años. Este tipo de fosilización se produce cuando los restos orgánicos se encuentran en un ambiente que les permite ser preservados durante millones de años.</p>		

Fuente: Autor.

**5.4.2 Actividades Propuestas.** En el Aula Virtual de Aprendizaje se proponen algunas actividades para que los alumnos desarrollen en el transcurso del semestre; sin embargo, es el docente de la asignatura quien decide el mejor momento para ponerlas en práctica y el porcentaje o valor que tendrán las mismas dentro de la calificación del curso.

5.4.2.1 Actividad “Resumen del video”: Se propone como actividad realizar el resumen de los videos que se subieron en la plataforma y de los cuales se habló anteriormente (Figura 16). La actividad está pensada para que los alumnos la realicen en casa, antes de tener la práctica de laboratorio, para que así, obtengan conocimientos previos y se faciliten los procesos de enseñanza y aprendizaje durante las horas de laboratorio, haciendo que las clases sean mucho más productivas por medio de la participación de los estudiantes y la formulación de preguntas sobre los videos que observaron con anterioridad.

Por otro lado, mediante la realización de resúmenes, se pretende fomentar en el alumnado competencias genéricas, mejorando la redacción de los estudiantes, ortografía, su retención de conceptos y su capacidad para estructurar documentos; de igual manera, el realizar dichos resúmenes ayudará a mejorar en los participantes del curso su nivel de inglés, ya que los videos se encuentran en éste idioma.

Figura 16. Visualización de la actividad “Resumen del video”.

The screenshot shows the user interface of the 'Aula Virtual de Aprendizaje' (Virtual Learning Environment) of the Universidad Industrial de Santander. The page title is 'Resumen del video'. On the left, there is a navigation menu with options like 'Página Principal', 'Área personal', 'Páginas del sitio', 'Mi perfil', 'Curso actual', 'Paleontología', 'Participantes', 'Insignias', 'General', 'Tema 1', 'Catálogo de Muestras', 'Paleoecología', 'Resumen del video', and 'Tema 2' through 'Tema 9'. The main content area features a clapperboard icon and the text 'RESUMEN DEL VIDEO'. Below this, there is a paragraph explaining the activity: 'Esta actividad está planteada para que los alumnos la realicen en casa de manera individual. Consiste en realizar un resumen del video (5) que se adjunta a éste laboratorio en particular, teniendo en cuenta que la extensión del documento debe ser de máximo una página. La actividad debe realizarse previamente a la práctica de laboratorio, para que así, los alumnos adquieran conocimientos sobre el tema antes de llegar a la clase presencial.' Another paragraph states: 'La calificación del resumen se realizará sobre cinco y se calificará ortografía, redacción y estructura; así mismo, el documento con el resumen, debe subirse a la plataforma durante las fechas establecidas por el docente, ya que una vez finalice el tiempo, la plataforma inhabilitará dicha opción.'

Fuente: Autor.

5.4.2.2 Actividad “Mapa conceptual”: Ésta actividad se propone para desarrollar en la novena Unidad o Tema del curso (Figura 17). Consiste en que el alumno, en casa y de manera individual, debe construir un mapa conceptual sobre el video que se adjunta sobre los equinodermos, pues la gran clasificación de éste filo, en subfilos, clases y ordenes, puede ayudar a desarrollar el objetivo propuesto. El propósito de ésta actividad consiste en que el estudiante pueda organizar todos conceptos y conocimientos nuevos que adquiere; así mismo, ayuda al alumno a entender la relación entre los conceptos y la jerarquía de los mismos.

En ésta actividad el docente tendrá en cuenta el orden, organización y jerarquía del mapa conceptual al momento de calificar.

Figura 17. Visualización de la actividad “Mapa conceptual”.



The screenshot displays the user interface of the 'AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE' at the Universidad Industrial de Santander. The page is titled 'Mapa conceptual' and features a large red heading 'MAPA CONCEPTUAL' above an image of a person drawing a concept map. Below the image, there is a detailed description of the activity in Spanish, explaining that students must create a concept map based on a video about echinoderms, focusing on their classification into subphyla, classes, and orders. The text also states that the instructor will evaluate the order, organization, and hierarchy of the concept map. A navigation sidebar on the left lists various site elements, including 'Página Principal', 'Área personal', 'Páginas del sitio', 'Mi perfil', and a 'Curso actual' section with sub-items like 'Paleontología', 'Participantes', 'Insignias', 'General', and 'Temas 1 through 10'. The top navigation bar includes links to 'Página Principal', 'UIS', 'Vicerrectoría Académica', 'CEDEUIS', 'IPRED', and 'Idioma', along with social media icons and a user profile for 'Jenny Roxana Ariza Bareño'.

Fuente: Autor.

5.4.2.3 Actividad “Consulta”: Ésta actividad está propuesta para la Unidad 7 (Laboratorio de bivalvos) del Aula Virtual de Aprendizaje y se planteó para que los alumnos la resuelvan de manera individual desde sus casas (Figura 18). El objetivo de la actividad consiste en que el alumno debe consultar acerca del Molusco ancestral, sus principales características, sus diferentes teorías evolutivas, y las diferencias principales entre éste primer molusco invertebrado y los bivalvos. La consulta debe entregarse en un documento digital que se subirá a la plataforma durante las fechas establecidas por el docente y la calificación se basará en la revisión bibliográfica que haya realizado el estudiante y en la estructura, redacción y ortografía del documento.

Lo que se pretende es incentivar en el alumnado el hábito de leer e investigar, así como el mejorar competencias básicas y necesarias como la redacción y composición de documentos, y la mejora de la ortografía.

Figura 18. Visualización de la actividad “Consulta”.



Fuente: Autor.

5.4.2.4 Actividad “Pensamiento crítico”: La actividad “Pensamiento crítico” es propuesta en la Unidad 5 (Laboratorio de cnidarios) del AVA, y se desarrollará de manera individual como una tarea para realizar en casa (Figura 19). Consiste en que el estudiante debe crear un documento de máximo dos páginas, en donde plantee su opinión, respaldada de argumentos, de por qué los conularios deben incluirse dentro del filo cnidaria, o por el contrario, por qué deberían excluirse del mismo.

El texto debe subirse a la plataforma durante las fechas establecidas por el profesor y será calificado sobre cinco, en donde se tendrá en cuenta los argumentos planteados y la redacción del documento.

Con ésta actividad se busca fomentar en los alumnos el pensamiento crítico, en donde el estudiante pueda ser capaz de presentar su punto de vista y sostenerlo mediante argumentos válidos, sosteniendo debates sobre el tema a tratar y refutando otros pensamientos.

Figura 19. Visualización de la actividad “Pensamiento crítico”.

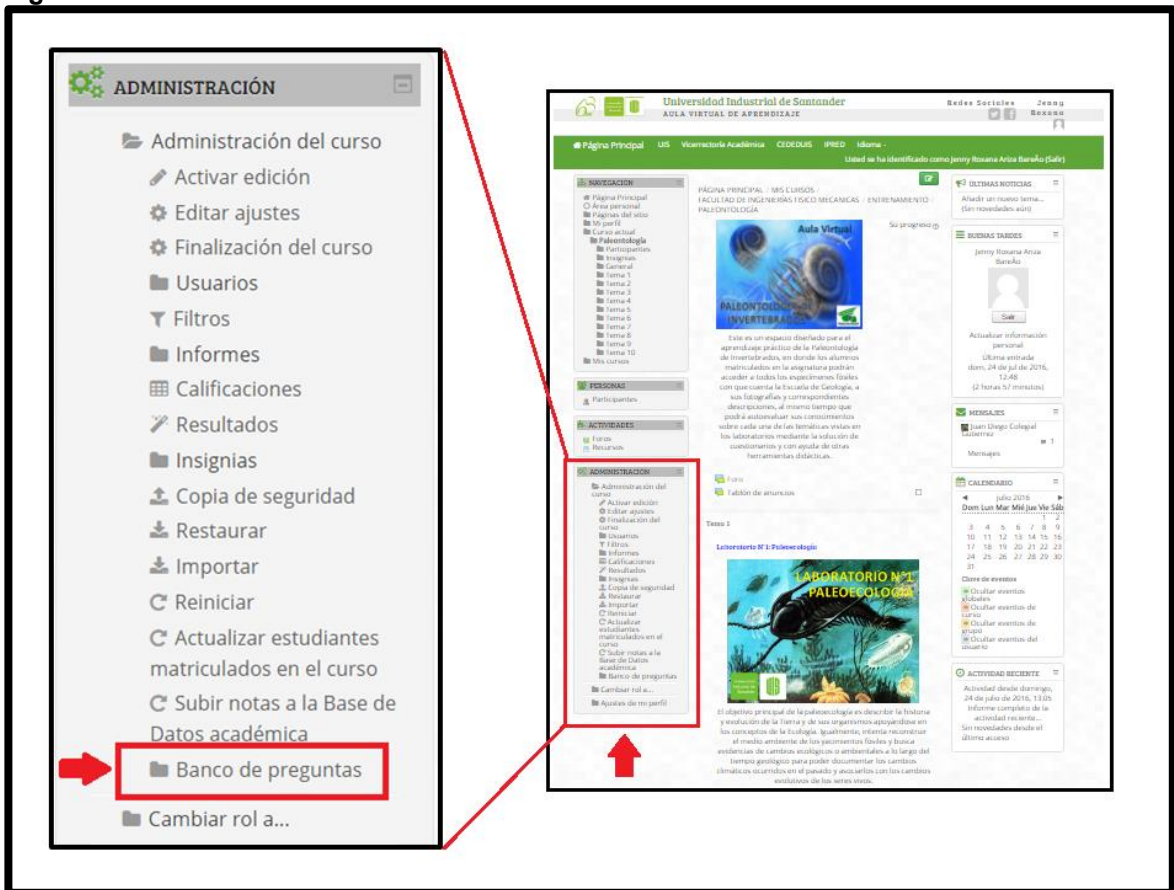


Fuente: Autor.

## 5.5 SISTEMA EVALUATIVO

El sistema evaluativo que se implementó en el Aula Virtual de Aprendizaje consiste en un banco de preguntas que se puede encontrar en el recuadro “Administración”, ubicado en el margen izquierdo de la pantalla del curso, más abajo del recuadro “Navegación” visto anteriormente (Figura 20).

Figura 20. Detalle del recuadro “Administración”.

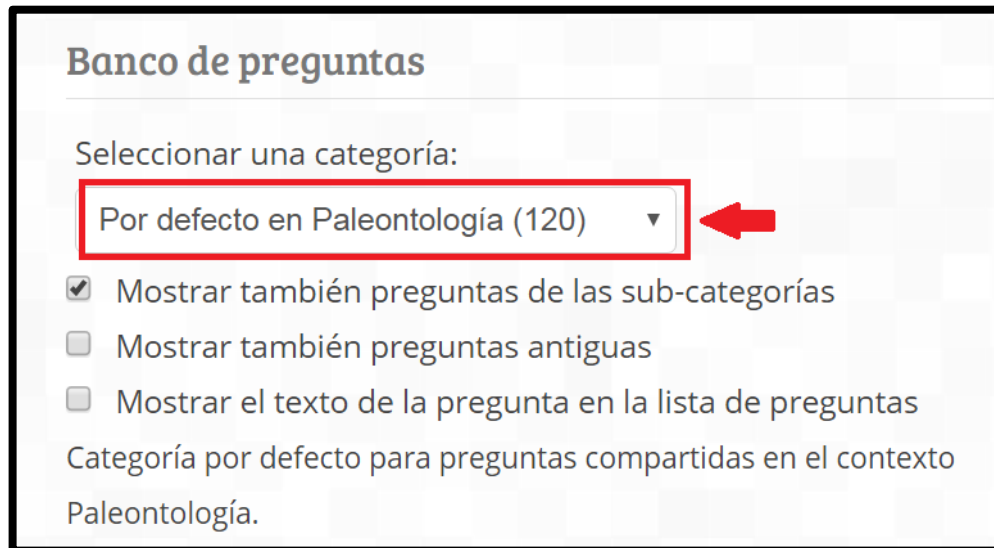


Fuente: Autor.

El banco de preguntas cuenta con un total de 120 preguntas (Figura 21), 10 por cada grupo invertebrado visto, y está compuesto únicamente por preguntas

teóricas, ya que la finalidad del mismo, es afianzar los conceptos vistos durante las clases presenciales y está planteado para que los estudiantes autoevalúen sus conocimientos y puedan utilizar ésta herramienta para estudiar para los parciales, por tal motivo, no hay una calificación para el mismo, y estará disponible en la plataforma todo el tiempo para que los participantes accedan a él las veces que crean necesarias.

**Figura 21. Imagen donde se observa la totalidad de preguntas que conforman el “banco de preguntas”**



**Banco de preguntas**

Seleccionar una categoría:

Por defecto en Paleontología (120) ▼

- Mostrar también preguntas de las sub-categorías
- Mostrar también preguntas antiguas
- Mostrar el texto de la pregunta en la lista de preguntas

Categoría por defecto para preguntas compartidas en el contexto Paleontología.

Fuente: Autor.

Tres tipos de preguntas conforman el banco de preguntas: completamiento (Figura 22), selección múltiple con única respuesta (Figura 23) y falso-verdadero (Figura 24); en donde cada una de ellas cuenta con una retroalimentación para que el alumno pueda ver los errores cometidos, las falencias que tiene en determinado tema y cuál es la respuesta correcta y los argumentos de la misma.

Figura 22. Ejemplo de las preguntas de completamiento.

Pregunta 1  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

Los equinodermos que pertenecen a la Clase Asteroidea se caracterizan por tener la superficie oral en el lado  de sus cuerpos y por tener brazos anchos en la base y de  movilidad rodeando un disco central.

Elegir...  
ventral  
moderada  
dorsal  
alta

Pregunta 1  
Correcta  
Puntúa como 1,00

Los trilobites fueron un grupo de invertebrados  marinos que vivieron durante el  y que habitaron desde zonas someras hasta profundidades tan grandes en las que casi no penetraba la luz solar.

Pregunta 1  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

Para que la recristalización del hueso en Apatito pudiera llevarse a cabo de una manera exitosa, el ambiente de formación y deposición del fósil tuvo que tener lugar en un medio rico en Calcio, Fluor y ; además de presentar un pH .

Elegir...  
Magnesio  
Básico  
Cloro  
Ácido  
Aluminio

Pregunta 1  
Parcialmente correcta  
Puntúa como 1,00

El grupo más antiguo de los poríferos es la Clase . Por otro lado, los ejemplares de la Clase  tuvieron su máxima radiación en el Cretácico, pero se han reducido en número; mientras que los poríferos de las Clases  y Demospongiae, han ido incrementando su diversidad y abundancia hasta el día de hoy.

Respuesta parcialmente correcta.

Ha seleccionado correctamente 2.

The correct answer is:

El grupo más antiguo de los poríferos es la Clase [Archaeocyatha]. Por otro lado, los ejemplares de la Clase [Hexactinélida] tuvieron su máxima radiación en el Cretácico, pero se han reducido en número; mientras que los poríferos de las Clases [Calcárea] y Demospongiae, han ido incrementando su diversidad y abundancia hasta el día de hoy.

Fuente: Autor.

Figura 23. Ejemplo de las preguntas de selección múltiple con única respuesta.

<p>Pregunta <b>1</b> Incorrecta Puntúa como 1,00</p>	<p>¿Lugar donde se reúnen las condiciones adecuadas para que una especie pueda residir y reproducirse, manteniendo así su presencia y asegurando la supervivencia de la especie?</p> <p>Seleccione una:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> a. Ecosistema</li><li><input type="radio"/> b. Población</li><li><input checked="" type="radio"/> c. Comunidad <b>✗</b> Incorrecto! Recuerda que una comunidad es el conjunto de diversas poblaciones.</li></ul>
<p>Pregunta <b>1</b> Correcta Puntúa como 1,00</p>	<p>¿Cuáles de los siguientes términos corresponden a tipos de ornamentación externa de la concha de los cefalópodos?</p> <p>Seleccione una:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="radio"/> a. Lisa, costillas, liras, espinas, tubérculos, constricciones o várices, carenas, nodos. <b>✓</b> Muy bien! La complejidad en la ornamentación de la concha aumentó a través del tiempo.</li><li><input type="radio"/> b. Ortocono, bractrícono, cirtócono, girócono.</li><li><input type="radio"/> c. Recta, curvada, sinuosa, simple, ramificada, continuas o interrumpidas.</li></ul>
<p>Pregunta <b>1</b> Correcta Puntúa como 1,00</p>	<p>¿Cuál de las siguientes no es una Clase del Phylum Cnidaria?</p> <p>Seleccione una:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="radio"/> a. Cryptostomatida <b>✓</b> Muy bien! Éste es un Orden del Phylum bryozoa.</li><li><input type="radio"/> b. Anthozoa</li><li><input type="radio"/> c. Scyphozoa</li></ul>

Fuente: Autor.

Figura 24. Ejemplo de las preguntas de verdadero-falso.

<p>Pregunta 1 Incorrecta Puntúa como 1,00</p>	<p>Todos los trilobites tenían un modo de vida bentónico, y nunca llegaron a desarrollar un modo de vida pelágico.</p> <p>Seleccione una:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Verdadero ✘</p> <p><input type="radio"/> Falso</p>
	<p>Incorrecto! La mayoría de trilobites tenían un modo de vida bentónico, pero algunas especies más desarrolladas, predominantemente del Ordovícico, desarrollaron un modo de vida pelágico.</p> <p>La respuesta correcta es 'Falso'</p>
<p>Pregunta 1 Incorrecta Puntúa como 1,00</p>	<p>Las charnelas de tipo Schizodonta poseen pocos dientes de diferente tamaño.</p> <p>Seleccione una:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Verdadero ✘</p> <p><input type="radio"/> Falso</p>
	<p>Incorrecto! Las charnelas de tipo Schizodonta poseen pocos dientes pero todos son del mismo tamaño.</p> <p>La respuesta correcta es 'Falso'</p>
<p>Pregunta 1 Correcta Puntúa como 1,00</p>	<p>La "torsión" es el proceso mediante el cual los gasterópodos forman su concha helicoidal.</p> <p>Seleccione una:</p> <p><input type="radio"/> Verdadero</p> <p><input checked="" type="radio"/> Falso ✔</p>
	<p>Muy bien! La torsión es un proceso anatómico que ocurre durante el desarrollo embrionario, en donde el cuerpo del animal realiza un giro de 180° con respecto al céfalo-pie; diferente a la formación de la concha helicoidal.</p>

Fuente: Autor.