



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO
FACULTAD DE BIOLOGÍA**



MANUAL DE PRÁCTICAS DE CAMPO



(Macroalgas y Briofitas)

JOSÉ GERARDO ALEJANDRO CEBALLOS-CORONA
REYNA ALVARADO-VILLANUEVA
RUBÉN HERNÁNDEZ-MORALES
SANDY FABIOLA ANDRADE-HERNÁNDEZ

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DEL 2025

©2025

**Se prohíbe la publicación de este manual
fuera de la página oficial de la Facultad de Biología de la
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (<http://bios.biologia.umich.mx/>)**

C O N T E N I D O

	páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
PRÁCTICA 1. EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
PRÁCTICA 2. COLECTA, FIJACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ALGAS PARDAS, ROJAS Y VERDES	17
PRÁCTICA 3. COLECTA Y PRESERVACIÓN DE BRIOFITOS (HEPÁTICAS, MUSGOS Y ANTOCEROTAS)	29
BIBLIOGRAFÍA	38

INTRODUCCIÓN

El presente es una guía para el trabajo de campo con la idea de apoyar el proyecto de investigación que los alumnos se propongan, además de ser una orientación en forma de notas para llevar a cabo la correcta recolección de macroalgas y briofitos, de esta manera, el manual constituye el instrumento básico en el muestreo y en la evaluación de los sistemas acuáticos y terrestres, bajo la perspectiva del uso y aplicación del material biológico.

La problemática que representa la recolección de muestras parte desde el saber elegir el material biológico (macroalgas y briofitos), hasta la identificación *in situ* ya sea en campo o en el laboratorio de los especímenes colectados. Varios de los problemas en la interpretación de los resultados, tanto en el ámbito biótico como abiótico, surgen de una mala elección del equipo y materiales de colecta, del manejo de las muestras y su transporte al laboratorio; y sobre todo, de las variables ambientales que deben registrarse y que influyen en las características y presencia de macroalgas y briofitos.

Cuando se trabaja con bioindicadores, para cada grupo de organismos, el equipo y los materiales para su colecta, los registros ambientales y su integración para la interpretación final de los resultados, varían. Por este motivo, es necesario contar con una herramienta que nos permita saber que técnicas, materiales y equipo son las adecuadas para el monitoreo biológico de acuerdo al tema que hallamos elegido para nuestra investigación.

Bajo esta perspectiva el presente manual se elaboró con la finalidad de que los estudiantes desarrollen habilidades y destrezas con relación al uso de instrumentos y equipo de campo, para la obtención de ejemplares de macroalgas y briofitos, así como, determinar las variables ambientales fisicoquímicas de los ecosistemas muestreados.

PRÁCTICA 1

EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. Introducción

1.1. El Protocolo de Investigación

Para el biólogo el mundo que nos rodea es objeto de estudio, el agua, el aire, los suelos y rocas son biomas, áreas en las cuales la vida se manifiesta con todo su esplendor en armonía, ecosistemas complejos que despiertan inquietudes por conocerlos. Pareciera inherente a los biólogos la aplicación de un método para el estudio de los ecosistemas o simplemente para conocer las especies, sin embargo, surge una duda ¿existe un único método o hay varios?

Ruy Pérez Tamayo menciona: "existe un grupo de científicos que piensa que, si bien en otros tiempos era posible hablar de un método científico, debido al gran desarrollo de las ciencias físicas en comparación con las otras ciencias naturales, actualmente el campo total de la ciencia es tan complejo y heterogéneo que ya no es posible identificar a un método que sea común a todas ellas. En la actualidad ya sabemos que no todos los fenómenos naturales son reducibles a expresiones matemáticas, que no todos los hechos que constituyen la realidad son analizables experimentalmente, que no todas las hipótesis válidas pueden confrontarse con la realidad a la que se refieren, que al determinismo y mecanicismo que prevalecieron en la física y la astronomía de los siglos XVI a XIX deben agregarse ahora los procesos estocásticos, la pluralidad de causas, la organización jerárquica de gran parte de la naturaleza, la emergencia de propiedades no anticipables en sistemas complejos, y otros aspectos más, derivados no sólo de las ciencias biológicas sino también de las sociales, como la economía, la política y la historia."... (Pérez 1998).

¿Entonces, qué método debemos aplicar para generar conocimientos?, el mismo Pérez Tamayo sugiere que: "si queremos aprender a hacer ciencia observemos lo que hacen los científicos", de ahí podremos obtener una visión más clara acerca del método a seguir para desarrollar nuestra propia investigación. En todo caso nuestro primer reto consiste en plantearnos un problema, es decir, problematizar una realidad, a partir de la cual podremos formular un proyecto de investigación, todas las ideas surgidas de esta actividad es conveniente ir las escribiendo, las mismas deberán de ordenarse cuando elaboremos nuestro documento del protocolo de investigación.

1.2. A que le Llamamos Protocolo de Investigación

El protocolo de investigación se planea como una guía base que puede ser modificada, la cual pretende puntualizar de manera ordenada el proyecto de investigación que se llevará a cabo. Es un documento académico en el que se enumeran los antecedentes, los objetivos del trabajo, la hipótesis, el área donde se desarrollará la investigación, la metodología, calendarización y los recursos de investigación (fuentes bibliográficas, páginas Web, etc.), además de los participantes. Así pues, el protocolo de investigación

es un documento que refleja una descripción ordenada y sistemática de un estudio propuesto.

2. Objetivo

- Que el alumno aprenda a elaborar un protocolo de investigación tomando como base las algas pardas, rojas, verdes, hepáticas, musgos y antocerotas.

3. Estructura del Protocolo de Investigación

A continuación, se presenta una sugerencia de la estructura del protocolo, si bien esta puede modificarse dependiendo de los temas que cada equipo elija.

3.1. Para Investigación de Algas Marinas

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. ANTECEDENTES O MARCO DE REFERENCIA

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

3.2. Objetivos Particulares

4. HIPÓTESIS O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Localización Geográfica

5.2. Geología

5.3. Clima

5.4. Oceanografía

5.4.1. Región Marina

5.4.2. Batimetría

5.4.3. Corrientes

5.4.4. Mareas

5.4.5. Transparencia, Temperatura, pH y Salinidad

5.4.6. Oxígeno Disuelto

5.4.7. Nutrientes

5.5. Macroalgas Bentónicas

5.6. Influencia Humana

6. METODOLOGÍA

6.1. Actividades de Campo

6.1.1. Ubicación de los Sitios de Muestreo

6.1.2. Variables Ambientales

6.1.3. Muestreo de Macroalgas

6.2. Actividades de Laboratorio

6.2.1. Identificación de Especies

6.2.2. Herborización

6.3. Actividades de Gabinete

6.3.1. Listado Sistemático

6.3.2. Lista Comentada de las Especies

7. REFERENCIAS

3.2. Para Investigación de hepáticas, musgos y antocerotas

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES O MARCO DE REFERENCIA
3. OBJETIVOS
 - 3.1. Objetivo General
 - 3.2. Objetivos Particulares
4. HIPÓTESIS O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
 - 5.1. Localización Geográfica
 - 5.2. Fisiografía
 - 5.3. Geología
 - 5.4. Edafología
 - 5.5. Clima
 - 5.6. Hidrología Superficial
 - 5.7. Vegetación
 - 5.8. Influencia Humana
6. METODOLOGÍA
 - 6.1. Actividades de Campo
 - 6.1.1. Ubicación de los Sitios de Muestreo
 - 6.1.2. Muestreo de (hepáticas, musgos y/o antocerotas)
 - 6.2. Actividades de Laboratorio
 - 6.2.1. Identificación de Especies
 - 6.2.2. Herborización
 - 6.3. De Gabinete
 - 6.3.1. Listado Sistemático
 - 6.3.2. Lista Comentada de las Especies
7. REFERENCIAS

3.3. Cómo Abordar las unidades del protocolo de Investigación

3.3.1. Los antecedentes o Marco de Referencia

Para tener una idea del tema a elegir es necesario previamente realizar una investigación bibliográfica considerando estudios que se hayan publicado sobre los grupos de organismos, estos pueden ser artículos científicos o libros de texto, con ello podremos elaborar un planteamiento acerca de lo que pretendemos investigar.

En el caso de la elección del tema para nuestro proyecto, es necesario conocer que se ha realizado sobre las algas rojas, pardas, verdes y/o hepáticas, musgos y antocerotas en México, en particular en Michoacán. Todo estudio anterior a la problematización de una realidad planteada sirve para aclarar, juzgar e interpretar nuestro tema y constituyen los antecedentes del mismo o marco de referencia.

La elaboración de los antecedentes implica dos pasos:

1° El archivo de fichas de trabajo

Las fichas de trabajo incluyen la referencia bibliográfica y el resumen de los artículos analizados. Para el resumen se debe elaborar una síntesis conceptual de las investigaciones o trabajos realizados sobre el problema formulado, es decir, debemos considerar la justificación de la investigación abordada en el artículo, la metodología utilizada, los resultados, discusiones y conclusiones con el fin de determinar el enfoque metodológico de la misma investigación.

El fichero puede elaborarse de manera física en tarjetas de trabajo de cartulina o bien de manera electrónica en un documento de Word siguiendo los mismos lineamientos de las tarjetas de trabajo (Fig. 12).

Mateo Cid, L. E. y Mendoza González, A. C. (2012). Algas marinas bentónicas de la costa noroccidental de Guerrero, México. *Rev. Mex. Biodiv.*, 83, 905-928. DOI: 10.7550/rmb.28104

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio sobre algas marinas bentónicas en 7 localidades de la costa noroccidental de Guerrero, México. Se determinó la presencia de 163 especies de algas marinas. Se identificaron 17 especies de Cyanobacteria, 93 Rhodophyta, 28 Chlorophyta y 25 de Heterokontophyta. Se citan 54 registros nuevos para el litoral de Guerrero, también 2 nuevos, *Myrionema strangulans* Greville y *Acrochaete ramosa* (N. L. Gardner) O'Kelly para la costa del Pacífico. Cada especie se acompaña de datos sobre su distribución en el área de estudio, su estado reproductivo, nivel de marea, hábitat, observaciones, epifitismo y número de herbario o de recolección. Se comparó la riqueza específica entre la estación climática de lluvias y la de secas. La división Rhodophyta dominó en términos de diversidad en relación con las 3 divisiones restantes. La ficoflora de la costa noroccidental de Guerrero es de afinidad tropical y más diversa en la época de secas.

Figura 12. Ficha de trabajo con referencia bibliográfica según APA (2021)

2° La redacción de los antecedentes o marco de referencia

En el protocolo de investigación la información bibliográfica referente al tema que se va a investigar, se puede presentar de dos maneras:

a) Transcribiendo los resúmenes de las fichas de trabajo en orden cronológico

Si el formato que se va a seguir es el de mostrar los antecedentes a manera de resúmenes, entonces el orden como se presentan sigue "la ley del embudo", sin que esto se maneje como una regla inflexible, es decir, primero se abordan aquellos trabajos de tipo general, por ejemplo aspectos taxonómicos sobre macroalgas en el Pacífico Mexicano o trabajos realizados con respecto a las briofitas en México, para después irse centrado a los de mayor relación con el tema que se decidió, las macroalgas en el Pacífico Tropical Mexicano (PTM), las briofitas en la parte central de México, ficoflora de la costa michoacana, briofitas en la zona montañosa de Michoacán, como se ve trabajamos de macroregiones a microregiones. Incluso podemos utilizar artículos en los cuales se describan especies aun y cuando no sean del Pacífico Tropical Mexicano (PTM), pero que se ubiquen en regiones tropicales de preferencia en el Pacífico.

El formato de resúmenes de cada documento revisado requiere de la incorporación individualizada de las citas, éstas se colocan en orden cronológico a medida que se van mencionando en el protocolo y cada vez que se ratifica un dato se debe presentar una nota que reseña la fuente de información.

Cuando cite, incluya siempre el autor o autores y el año. Una cita es la presentación del material del trabajo de otros autores que se ha tomado para apoyar y sustentar el estudio a realizar o realizado. Se distinguen varios tipos de citas para el formato de resúmenes individualizados, para nuestro caso éstas se pueden redactar de las siguientes formas:

- Con énfasis en el autor: Apellidos del autor, entre paréntesis el año, el texto analizado.

Ávila Ortiz (2003) describe *Padina mexicana* Dawson variedad *erecta* var. nov., que se distribuye a lo largo del Pacífico Tropical Mexicano, en condiciones de exposición de oleaje directo. Difiere de la variedad tipo por presentar hábito erecto, estípites diferenciados y soros esporangiales en ambas superficies de la lámina.

Nota: cuando sean tres o más autores, cite al primero y a los subsecuentes como *et al.* con cursivas, que significa "y colaboradores"; en la lista de referencias se mencionan todos los autores sustituyendo el *et al.* por los mismos.

Mendoza González *et al.* (1994), llevaron a cabo cuatro muestreos de algas marinas bentónicas en tres localidades de la costa de Mazatlán, Sinaloa. Encontrando un total de 124 especies de algas marinas, de las cuales siete corresponden a Cyanophyceae, 72 a Rhodophyceae, 12 a Phaeophyceae, siete de Bacillariophyceae y 26 de Chlorophyceae.

- Con énfasis en el contenido del texto: El texto analizado y entre paréntesis el apellido del autor y el año.

En el Faro de Bucerías, Michoacán, a partir de muestreos realizados entre 1990 a 1992, se observaron 68 especies de macroalgas entre ellas 12 Chlorophyta, 15 Phaeophyceae y 41 Rhodophyta, con las siguientes especies dominantes: *Jania tenella*, *Chnoospora*

minima, *Tayloriella dictyurus*, *Centroceras clavulatum*, *Griffithsia pacifica* y *Herposiphonia littoralis*. Además, se mencionan 15 especies como nuevos registros para el Pacífico Tropical Mexicano (22%) y 23 especies registradas exclusivamente para el estado de Michoacán (33.8%), (Stout y Dreckmann 1993).

- Con énfasis en la fecha de publicación: es una narración que comienza con el año en el cual se lleva a cabo el estudio, ¡ojo no es el año de la publicación!, luego el apellido del autor y el texto analizado.

En el 2004, López Aguirre *et al.*, presentan un estudio sobre los ensamblajes de algas con forma de crecimiento de césped, donde mencionan que han sido ampliamente estudiados en arrecifes coralinos, sin embargo, este tipo de comunidades son poco conocidas en el Pacífico Tropical Mexicano (PTM). Un total de 45 especies de algas cespitosas fueron recolectadas en cinco localidades del PTM para analizar sus variaciones morfológicas. Todas estas variaciones fueron agrupadas en seis tipos cualitativos, los cuales pueden ser considerados como seis estrategias diferentes para ajustar los patrones de crecimiento de las especies para formar céspedes.

b) Con formato de marco de referencia por temas, donde se agrupan a manera de narración todos aquellos trabajos que se han publicado referentes al mismo tema, las citas de dichas investigaciones también deberán de seguir un orden cronológico, por ejemplo:

.... La mayor cantidad de estudios ficoflorísticos que se han realizado en el Pacífico Tropical Mexicano están enfocados a las descripciones morfológicas de las fases vegetativas de las macroalgas (Mateo Cid y Mendoza González 1991, Mateo Cid y Mendoza González 1992, Stout y Dreckmann 1993, Bucio Aguirre 1995, Mateo Cid *et al.* 2011, Mateo Cid y Mendoza González 2012), son escasos aquellos trabajos que abordan los aspectos reproductivos considerando esporofitos y gametofitos de las especies (Senties 1995, Pedroche 1996, Mateo Cid y Mendoza González 1997, Mendoza González y Mateo Cid 1999, Ávila Ortiz y Pedroche 2005), sin embargo, a medida que se ha avanzado en la generación de nuevas metodologías en particular sobre biología molecular, la tendencia a cambiado, complementándose los estudios puramente morfológicos con aspectos reproductivos y moleculares (Mateo Cid y Mendoza González 2005, Mendoza González *et al.* 2011, Mateo Cid, Mendoza González *et al.* 2012)

Si no se tiene una referencia bibliográfica, sino que se trata de una comunicación personal de un investigador, por ejemplo, sobre el tema de métodos, en estos casos debe tener su propia referencia, como en el siguiente caso:

Una parte de la muestra (un litro) se fijó con formol a una concentración final de 1 % (Hernández-Becerril¹). Dos litros se trasladaron en hielo para su análisis en vivo, todo el material fue transportado al laboratorio de Biología Acuática “Javier Alvarado Díaz” de la Facultad de Biología de Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (**Ver pie de nota de esta página**).

¹ (D.U. Hernández Becerril, comunicación personal, 4 de marzo 2002)

“Recuerda que la práctica hace al maestro, así que mientras más fichas de trabajo elaboras, mejorará tu habilidad para redactarlos y pronto notarás resultados en tu aprendizaje”

Un caso especial es el de las referencias cartográficas, que generalmente se utilizan en la descripción del área de estudio, la forma de citarlas se presenta a continuación:

➤ Citas para el análisis cartográfico

De acuerdo a INEGI (1985a), la zona de estudio se ubica en la Provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur y a la subprovincia Costa del Sur, el conjunto de sierras que integra esta subprovincia se extienden a lo largo de las costas michoacanas, guerrerenses y oaxaqueñas, para Michoacán abarca desde la desembocadura del río Coahuayana, límite entre Michoacán y Colima, hasta la desembocadura del río Balsas, límite entre Guerrero y Michoacán, presentando principalmente sierras bajas de origen sedimentario, volcánico y metamórficos, y algunos valles y llanuras formados con materiales aluviales, comprende parte de los municipios de Coahuayana, Aquila, Chinicuilá, Coalcomán, Lázaro Cárdenas y Arteaga.

En la zona costera se pueden encontrar combinaciones de rocas detríticas, destacando las areniscas, conglomerados y limonitas asociados a ambientes fluviolacustres (INEGI, 1985b).

Los suelos predominantes fuera de la línea de playa son regosoles eútricos con una fase física lítica y de textura gruesa, presentándose también litosoles, redzinas y en menor proporción feozem háplico y regosol calcárico con fase textural media. En desembocaduras de ríos y arroyos predominan fluvisoles eútricos con fase textural gruesa (INEGI 1985c).

Como se puede notar, las citas para las fuentes cartográficas llevan una secuencia en orden alfabético, cuando éstas pertenecen a la misma referencia del mismo año, cada una de ellas corresponde a una carta diferente, por ejemplo, Inegi (1985a) pertenece a la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, INEGI (1985b) es la Carta Estatal Geológica e INEGI (1985c) es la Edafológica y así sucesivamente de acuerdo a su orden de aparición en el texto.

Las citas para las siglas deben estar formadas por la letra inicial en mayúsculas de varias palabras y que se utilizan para referirse a instituciones, organismos o empresas, por ejemplo, UMSNH que serían las siglas de **U**niversidad **M**ichoacana de **S**an **N**icolás de **H**idalgo, UNAM **U**niversidad **N**acional **A**utónoma de **M**éxico, INEGI **I**nstituto **N**acional de **E**stadística **G**eografía e **I**nformática, etc., en tanto que los para acrónimos se forman por la unión de dos o más palabras donde cada sigla representa una palabra, por ejemplo, Conahcyt, es decir, **C**onsejo **N**acional de **H**umanidades, **C**iencias, **T**ecnologías e **I**nnovación, Semar **S**ecretaría de **M**arina **A**rmada de México, entre otras.

➤ Cita de una referencia electrónica

algabase.org es un sitio que facilita la consulta actualizada de las especies de algas a nivel mundial (Guiry y Guiry 2015)

OJO

Se debe utilizar la “y” y no el símbolo “&”

Los corales se consideran las comunidades marinas más diversas y complejas, un arrecife puede albergar hasta 3 000 especies, y desempeñan un importante papel en el balance de masas geoquímica de los océanos. Se ha calculado que, anualmente, los arrecifes de coral son responsables de la precipitación de la mitad del calcio arrastrado a los océanos por los ríos y son especialmente importantes en el contexto del cambio climático mundial (IPIECA 1992).

➤ Cita para Software

Para la elaboración de la clave dicotómica artificial se construyó una matriz de datos morfológicos a partir de la cual se generó un análisis de agrupamiento cualitativo mediante el software NTSYSpc (2.02c), los datos obtenidos a partir de esta comparación se utilizaron para confrontar mediante la teoría de conjuntos las posibilidades de agrupación para la clave dicotómica.

3.3.2. Formulación de los Objetivos

Cuando se ha seleccionado el tema de investigación y se ha planteado el problema, deben formularse los objetivos, éstos son los enunciados claros y precisos de los propósitos por los cuales se lleva a cabo la investigación, la evaluación de la investigación se realiza con base en los objetivos propuestos, esto lleva a clasificar los distintos niveles de resultados que se quieren lograr.

Cuando la planeación de la investigación cumple con el rigor científico considerando los objetivos propuestos y su cumplimiento, esto permite pasar a la siguiente etapa. Al final de la investigación, los objetivos han de ser identificables con los resultados, es decir, toda la investigación deberá estar respondiendo a estos.

Para una buena formulación de objetivos conviene redactar todos los posibles enunciados que se tengan en mente, lo cual nos ayuda a perfeccionarlos hasta lograr el enunciado que responda a nuestro propósito.

Los mismos deben señalar acciones relacionadas con las observaciones y descripciones de situaciones que el investigador esté en capacidad de realizar y que no se salgan de sus posibilidades reales. La redacción de éstos inicia con verbos de acción en infinitivo.

Para nuestro caso los objetivos se formularán como general y específicos o particulares

3.3.2.1. Objetivo general

Para elaborar este objetivo es necesario que contemos con la pregunta y planteamiento del problema a investigar ya que es la base de la formulación de este, El objetivo general se redacta a partir de un verbo de acción en infinitivo ya que nos debe mostrar la meta que debe alcanzarse para dar respuesta al problema de investigación planteado, se deben incluir la o las localidades donde se llevará a cabo nuestro estudio, además debe reflejar el posible título que esbozemos.

3.3.2.2. Objetivos específicos o particulares

El objetivo general da origen a objetivos específicos que son los que identifican las acciones que el investigador va a realizar para ir logrando el general. Éstos se van cumpliendo en cada una de las etapas de la investigación, los mismos deben reflejarse en la metodología planteada y deberán ser evaluados en cada paso para conocer los distintos niveles de resultados, discusión y conclusiones. Su redacción también inicia con un verbo de acción en infinitivo.

Los objetivos específicos son los que se investigan y no el objetivo general, ya que éste se logra con los resultados y discusión.

A continuación, se presentan ejemplos para la redacción de los objetivos:

Para estudios de caso de algas

Objetivo General

- Llevar a cabo un reconocimiento de la ficoflora en la playa de “El Zapote de Madero”, Mpio. de Aquila, Michoacán.

Objetivos particulares

- Elaborar un listado sistemático de las especies de macroalgas marinas observadas.
- Realizar una lista comentada de las especies de algas identificadas, que contenga la descripción morfológica, sustrato, tipo de vida, exposición al oleaje y a la luz, frecuencia de aparición y variables fisicoquímicas.

Para estudios de caso de briofitos

Objetivo General

- Analizar la estructura de la comunidad de briofitos de la zona de San Miguel del Monte, municipio de Morelia, Michoacán.

Objetivos particulares

- Realizar un listado sistemático de las especies de briofitos identificados.
- Elaborar una lista comentada de los briofitos observados, que contenga la descripción morfológica, sustrato, tipo de vida y frecuencia de aparición.

3.3.3. La Hipótesis y/o Pregunta de Investigación

Una vez que se ha planteado el problema y formulado los objetivos, el investigador debe formular la hipótesis o una pregunta de investigación. Las hipótesis son las posibles explicaciones, soluciones o presunciones que se formulan acerca del problema planteado y la elaboración de los objetivos.

A continuación, se presentan algunos ejemplos:

“Conociendo el efecto que causan las mareas y marejadas en la distribución de las algas marinas de una plataforma rocosa, puede asumirse que la mayor diversidad de especies se encuentra donde el impacto del oleaje es menor”.

“La mayor diversidad de hepáticas, musgos y antocerotas se asocia con una mayor humedad y menor temperatura porque ambientes con estas características favorecen la colonización de organismos pioneros como las briofitas y grupos afines”.

Si no se cuenta con una hipótesis se puede formular una pregunta de investigación a la cual se dará respuesta después de experimentar y comprobar los resultados, entonces de la observación directa o indirecta de un hecho o fenómeno pueden surgir ideas que llevan al investigador a plantearse una “pregunta de investigación”, esta debe ser concreta y debe formularse con respecto al proceso que se siga para su posible solución que pueda ser viable, clara, medible y estar sujeta a su comprobación repetida.

A continuación, se presentan algunos ejemplos:

¿La radiación solar, la temperatura y la humedad influyen en la distribución de las briofitas con respecto al número de especies en un bosque?

¿La pendiente, rugosidad, exposición a la luz solar y el oleaje son determinantes en la diversidad del número de especies de macroalgas marinas en una plataforma rocosa de mareas?

Una vez que se tenga clara la hipótesis o la pregunta de investigación, se debe definir la forma como se va a demostrar, hay que diseñar la metodología con la que se pueda probar la hipótesis o responder la pregunta de investigación. Escribe en el manual una descripción paso a paso de lo que harás para investigar. Esto se conoce como plan de investigación o procedimiento experimental.

3.3.4. La caracterización del área de estudio

Cuando el proyecto de investigación está enfocado al trabajo de campo, es necesario que se haga una descripción detallada del área de estudio, cuyo principal sustento se encuentra primeramente en el análisis cartográfico, y posteriormente en la literatura especializada para el caso, incluso se puede utilizar como herramienta el programa de imágenes satelitales Google Earth o QGIS, que se encuentran disponibles en la red de manera gratuita.

El contenido que deberá de llevar esta unidad dentro del protocolo de investigación puede variar dependiendo del tema que se haya escogido para investigar, tu profesor (a) te guiará en la elaboración de esta parte del protocolo.

3.3.5. La Sección de Materiales y Métodos

En este capítulo, se detallan los pasos que siguieron para el desarrollo de la investigación, se debe tener en mente que esta sección debe ser comprensible, concreta y precisa, de tal forma que permita que otros investigadores puedan reproducir la investigación y obtenga resultados similares, ya que para que nuestros resultados tengan valor científico deben ser reproducibles.

Tanto el equipo como los materiales deben describirse en conexión con la metodología, evitando enumerarlos en una lista, y correspondiendo a la solución de cada uno de los objetivos específicos planteados.

Para la descripción de los métodos deben aplicarse las siguientes reglas:

- Cuando se trata de un proyecto que tiene relación con investigación en diferentes niveles, la metodología corresponderá a cada uno de ellos, por ejemplo:
 - Actividades de Campo
 - Actividades de Laboratorio
 - Actividades de Gabinete

Los reactivos se citan por la sustancia química activa, según la nomenclatura internacional. Las concentraciones que se usen se deben expresar como material activo, por ejemplo:

“Una vez separado el material ficológico este se fijó con formaldehído neutralizado con borato de sodio a una concentración final del 5 %, utilizando agua del medio, agregando una pizca de acetato de cobre para la preservación de pigmentos de las algas verdes (Ceballos Corona *et al.* 2022)”.

El instrumental de precisión como lupas, microscopios ópticos, balanzas, salinómetros, conductímetro, entre otros) deberán incluir marca y modelo, por ejemplo: la observación de los ejemplares se realizó mediante un microscopio óptico compuesto marca Leitz Wetzlar con objetivos de 10x, 40x y 100x y oculares de 10x.

Los métodos de conocimiento general, como colectas de campo y métodos de análisis comunes, únicamente se mencionan sin definirlos ampliamente citando la fuente de donde se obtuvieron, por ejemplo:

“La colecta de las algas se realizó de acuerdo a la propuesta de Ortega Medina *et al.* (2002), en la zona mesolitoral durante las bajamares”.

Si el método es original o modificado, se describe tan ampliamente como sea necesario, con su respectiva referencia.

Para la escritura de nombres científicos deben respetarse las reglas de nomenclatura establecidas en los códigos internacionales correspondientes.

3.3.6. La Sección de Referencias

En ella deberán presentarse, siguiendo las normas APA (2021), solo las referencias que utilizó (cito), en la investigación y preparación del protocolo de investigación. La redacción de estas implica que el párrafo correspondiente a cada una de ellas deberá de tener una sangría francesa y estará separado por un espacio entre cada referencia, las misma deberán de ordenarse alfabéticamente.

a) Para el caso de artículos científicos de revistas periódicas:

Apellidos completos, inicial del o los nombres. (año). Título del artículo. Título de la revista en cursivas, volumen si es el caso (número de la revista), número de página de inicio-número de página final

➤ Un autor:

Avila Ortiz, A. (2003). Una variedad nueva de *Padina mexicana* (Dictyotaceae) para el Pacífico Tropical Mexicano. *Hidrobiológica*, 13(1), 69-74.

➤ Dos autores:

Mateo Cid, L. E. y Mendoza González, A. C. (2012). Algas marinas bentónicas de la costa noroccidental de Guerrero, México. *Rev. Mex. Biodiv.*, 83, 905-928.

Bucio Paz, M. y Dreckmann, K. M. (1993). Chlorophyta (algas verdes) marinas bentónicas intermareales de Michoacán, Pacífico Mexicano. *Polibotánica*, 6, 41-46.

➤ Más de dos autores:

Mateo Cid, L. E., Mendoza González, A. C., Díaz Larrea, J., Senties, A., Pedroche, F. F. y Sánchez Heredia J. D. (2012). A new species of *Pyropia* (Rhodophyta, Bangiaceae), from the Pacific coast of Mexico, based on morphological and molecular evidence. *Phytotaxa*, 54, 1–12. https://www.academia.edu/50208119/A_new_species_of_Pyropia_Rhodophyta_Bangiaceae_from_the_Pacific_coast_of_Mexico_based_on_morphological_and_molecular_evidence

Si alguno de los artículos cuenta con el DOI o la URL, este deberá de incluirse al final después del número de páginas

Para el caso de libros de texto

Dawes, C. J. (1986). *Botánica Marina*. Ed. Limusa. México.

Scagel, F., Bandoni, J., Maze, R., Rouse, E., Schofield, B. y Stein, R. (1987). *El reino vegetal*. Ed. Omega. Barcelona.

Para capítulo de un libro

Flamand, S. C. L. (1991). Oceanografía geológica. En: De La Lanza Espino G. (Ed.). *Oceanografía de mares mexicanos*, pp. 117-149. AGT Editor. México, D.F.

Ortega Murillo, M. R., Alvarado Villanueva, R. y Sánchez Heredia. J. D. (2005). Algas. En: Villaseñor Gómez, L. E. (ed.). *La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado*. p. 68. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Para el caso de tesis

Álvarez Flores, M. (2010). *Estudio Ficoflorístico de playa Caletilla, municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, México*. [Tesis de licenciatura no publicada]. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Para el caso de memorias de eventos académicos (congresos, simposia, talleres, etc.)

Sánchez Rodríguez, I., Casas Valdez, M. M. y Sánchez González, A. (2010). Cultivo experimental del alga *Ulva* spp. una opción para la nutrición de camarón en La Paz, California Sur, México. En: *Memorias del II Congreso Latinoamericano de Biotecnología Ambiental y Algal*. Cancún, Quintana Roo, México.

Para el caso de fuentes cartográficas

Inegi. (1985a). Carta Estatal Regionalización Fisiográfica. 1:500 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.

Inegi. (1985b). Carta Estatal Hidrología de Aguas Superficiales. 1:500 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México.

f) Reglas para la presentación de cuadros y figuras

En un protocolo de investigación se pueden incluir tablas y figuras, las mismas deberán estar referenciadas en los párrafos correspondientes, para su presentación se deberán tomar en cuenta las siguientes reglas:

- Los cuadros deben enumerarse por orden de aparición en el texto, con números arábigos.
- Las gráficas, fotografías, dibujos, etc., se incluyen bajo la denominación general de “Figuras” y se numeran por orden de aparición en el texto, con números arábigos, ejemplo: (Fig.1, Fig. 2, y así sucesivamente)

Los cuadros deberán de llevar un encabezado y las figuras pie de figura, que explique claramente lo que se desea mostrar en ellas de manera concreta, el título del pie de figura deberá de comenzar con letra mayúscula como si fuera nombre propio, seguido de un punto y después la descripción de la misma, por ejemplo (Fig. 1)



Figura 1. Plataforma rocosa, se muestran cubetas y canales de marea.

Las gráficas deben ser fáciles de leer, a escala conveniente, y con señalamientos y símbolos fácilmente diferenciables. Puesto que éstas se insertan en un documento cuyo título lleva implícita la localidad, deberá de evitarse escribir en el texto la localidad ya que resultaría repetitivo.

Deben insertarse lo más próximo posible al lugar en que se hace la referencia. Cuando ocupen menos de media página, pueden incluirse a continuación del texto en la misma, del cual se separarán por un espacio doble al usual. Cuando ocupen más de media página, deben escribirse en páginas aparte, que se intercalarán entre las del texto siguiendo a aquella página en la que se haga referencia a la tabla o figura. por ejemplo (Fig. 2)

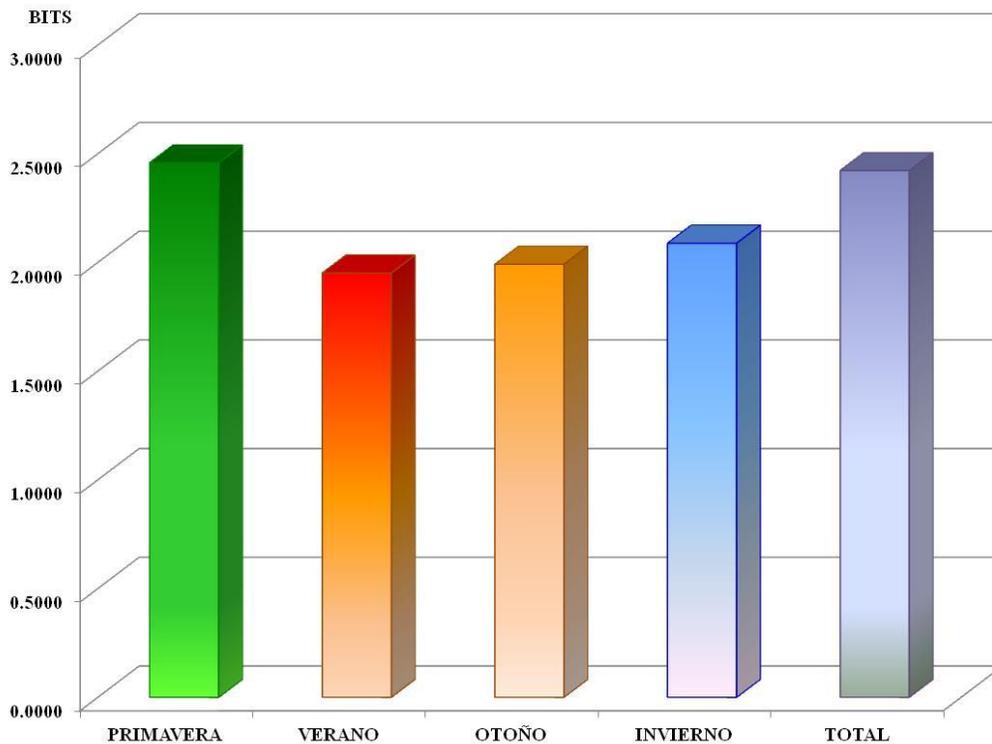


Figura 2. Se muestra la diversidad de Shannon-Wiener de las algas verdes por épocas del año.

¡A partir de aquí solamente se te proporcionan guías para tu proceso de investigación, la parte más importante te corresponde a ti, es la continuación de una nueva etapa en el proceso de tu formación dentro de esta facultad!

En este sentido el objetivo principal de todas las siguientes prácticas, es el de proporcionarte una orientación para el análisis de las posibles especies que puedas encontrar en las muestras colectadas en los diferentes sistemas acuáticos y terrestres.

PRÁCTICA 2

COLECTA, FIJACIÓN Y PRESERVACIÓN DE ALGAS PARDAS, ROJAS Y VERDES

1. Introducción

1.1. Algas Marinas

En el medio marino encontraremos una gran cantidad de algas macroscópicas fijadas a los diferentes sustratos (algas bentónicas), sin embargo, la dominancia de un grupo u otro va a depender de las condiciones ambientales, de tal forma que en regiones tropicales como es el caso de la costa michoacana, la mayor abundancia está representada por las algas rojas Rhodophyta (Fig. 3), verdes Chlorophyta (Fig. 4) y pardas Phaeophyceae (Fig. 5), en ese orden de dominancia.

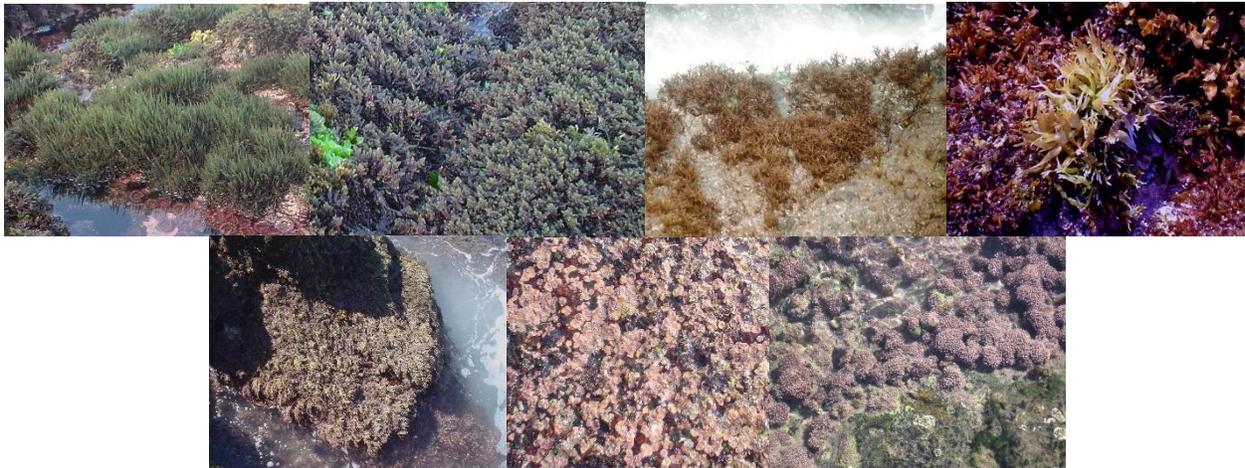


Figura 3. Algas rojas Rhodophyta.



Figura 4. Algas verdes Chlorophyta.

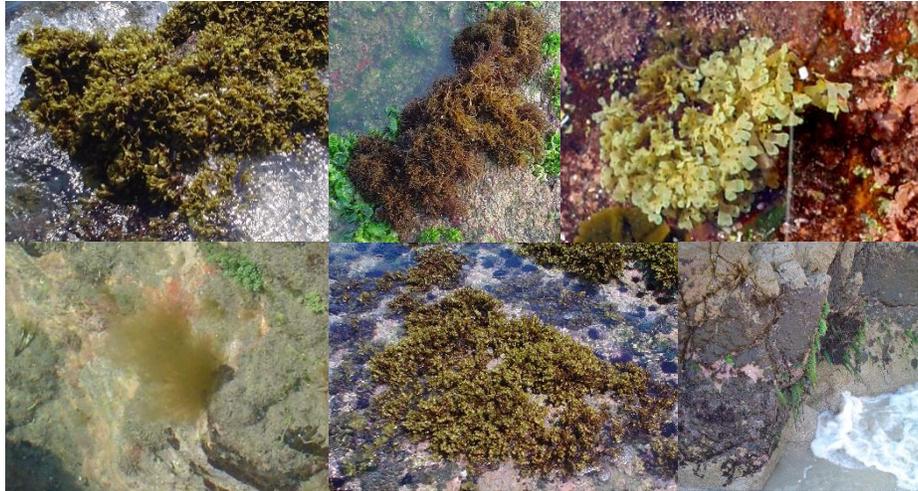


Figura 5. Algas pardas Phaeophyceae.

1.2. Dónde coleccionar las algas marinas bentónicas

Las algas marinas bentónicas son formas arraigadas que se encuentran fijadas a diferentes tipos de sustratos, como: rocoso, arenoso, areno-rocoso, guijarros (rocas pequeñas sueltas), cantos rodados (rocas grandes sueltas o fijas), vegetales y madera muerta. Otros sustratos que se pueden encontrar en el medio marino son: concretos, placas de metal como las estructuras de barcos hundidos o botes de aluminio, además de plásticos de diferentes tipos.

Considerando la distribución de los organismos indicadores biológicos, la zona litoral se ha dividido en tres subzonas: Supralitoral, Mesolitoral o Intermareal e Infralitoral.

1.2.1. Zona Supralitoral

Esta zona se localiza en lugares secos que únicamente se humedecen por la influencia del agua nebulizada en forma de brisa, en la misma no se localizan organismos considerados como marinos (Fig. 6)



Figura 6. Zona supralitoral.

1.2.2. Zona Mesolitoral o Intermareal

El límite superior de este piso está determinado por la influencia directa de la marea más alta que se presenta a lo largo del año; es una zona que se encuentra sometida a condiciones especiales de emersiones y sumersiones, lo que implica que los organismos que se encuentran aquí deberán estar adaptados a períodos alternos de sequedad y humedad, que en ocasiones pueden ser extremos; este piso ha sido subdividido por algunos autores en tres, dependiendo de la anchura de las plataforma de mareas, a saber: Mesolitoral superior, medio e inferior (Fig. 7)

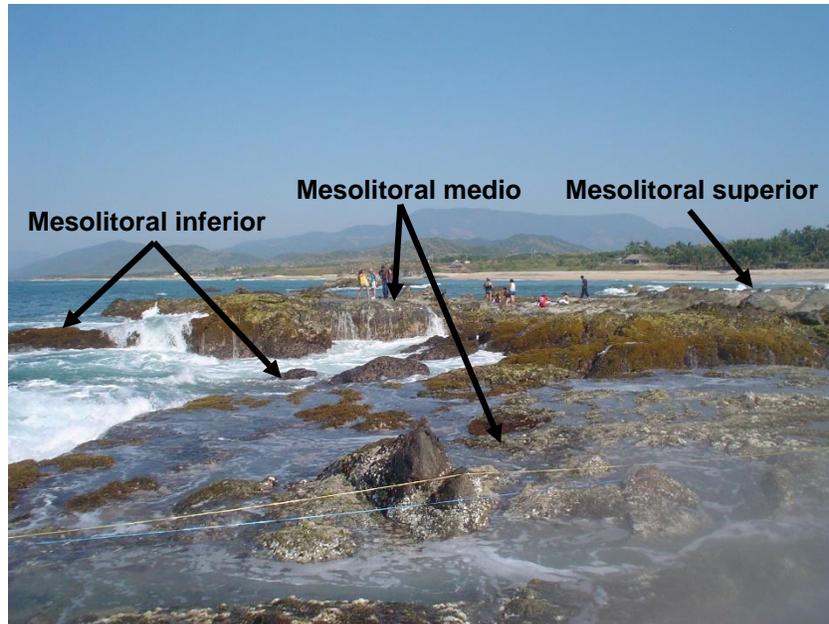


Figura 7. Zona mesolitoral o intermareal.

1.2.3. Zona Infralitoral o Submareal

Se caracteriza por estar siempre cubierta de agua, aun cuando se presenten las mareas más bajas de todo el año; es una zona de condiciones más estables que la anterior, aquí se localizan organismos que no toleran los cambios bruscos de temperatura, salinidad y disponibilidad de oxígeno provocados por las mareas bajas (Fig. 8)



Figura 8. Zona infralitoral o submareal.

Los estudios de algas bentónicas que se pueden realizar a partir de diferentes colectas, van desde los cualitativos (listados florísticos, riqueza de taxones, etc.), hasta los cuantitativos (distribución, densidad, frecuencia, abundancia, similitud, diversidad, etc.), los que integrados conforman un estudio ecológico que nos ayudará a una mejor comprensión de la dinámica de este grupo.

1.3. La seguridad en la colecta

a) Siempre se debe trabajar en equipo, unos colectando y otros vigilando el oleaje, de preferencia los primeros deberán de atarse a una cuerda que será manejada por los segundos.

b) Si no se sabe nadar tales personas solamente deberán dedicarse a la vigilancia y/o toma de datos y contar con chaleco salvavidas.

1.4. Como colectar algas bentónicas

a) En la zona mesolitoral la colecta puede realizarse manualmente, dependiendo de las condiciones ambientales, con espátula y/o martillo de geólogo o también directamente con las manos (Fig. 9)



Figura 9. Colecta de algas bentónicas en el mesolitoral.

b) En el infralitoral, además del equipo mencionado arriba, se requiere mínimamente de visor, aletas y esnórquel y una bolsa de malla cerrada de tul u organza para transportar los ejemplares colectados. Las algas colectadas deberán de obtenerse completas, es decir, con las estructuras de fijación al sustrato y sus reproductores, éstos últimos se pueden identificar por la presencia de pequeñas manchas coloreadas u oscuras o bien por pequeños racimos en los talos (Fig. 10)

Una vez obtenidos los ejemplares, éstos son enjuagados dentro de una cubeta de plástico de cuatro litros, agitándolos vigorosamente en agua de mar para separar los organismos animales que pudieran contener, una vez separados, los animales son devueltos a los tapetes algales del lugar donde se colectaron las algas.

Ya limpios los talos se asientan en bolsas de plástico de 30 x 40 cm, con la cantidad de agua del medio suficiente para cubrirlas, en cada una de ellas se coloca una etiqueta, de papel herculene de 4 x 4 cm, donde se anota con lápiz el número de colecta correspondiente, no está por demás anotar en la bolsa de plástico, antes de mojarla, el mismo número, con marcador de tinta permanente y resistente al agua.

RECUERDA EL NÚMERO CORRESPONDERÁ AL DE LA LIBRETA O DIARIO DE CAMPO

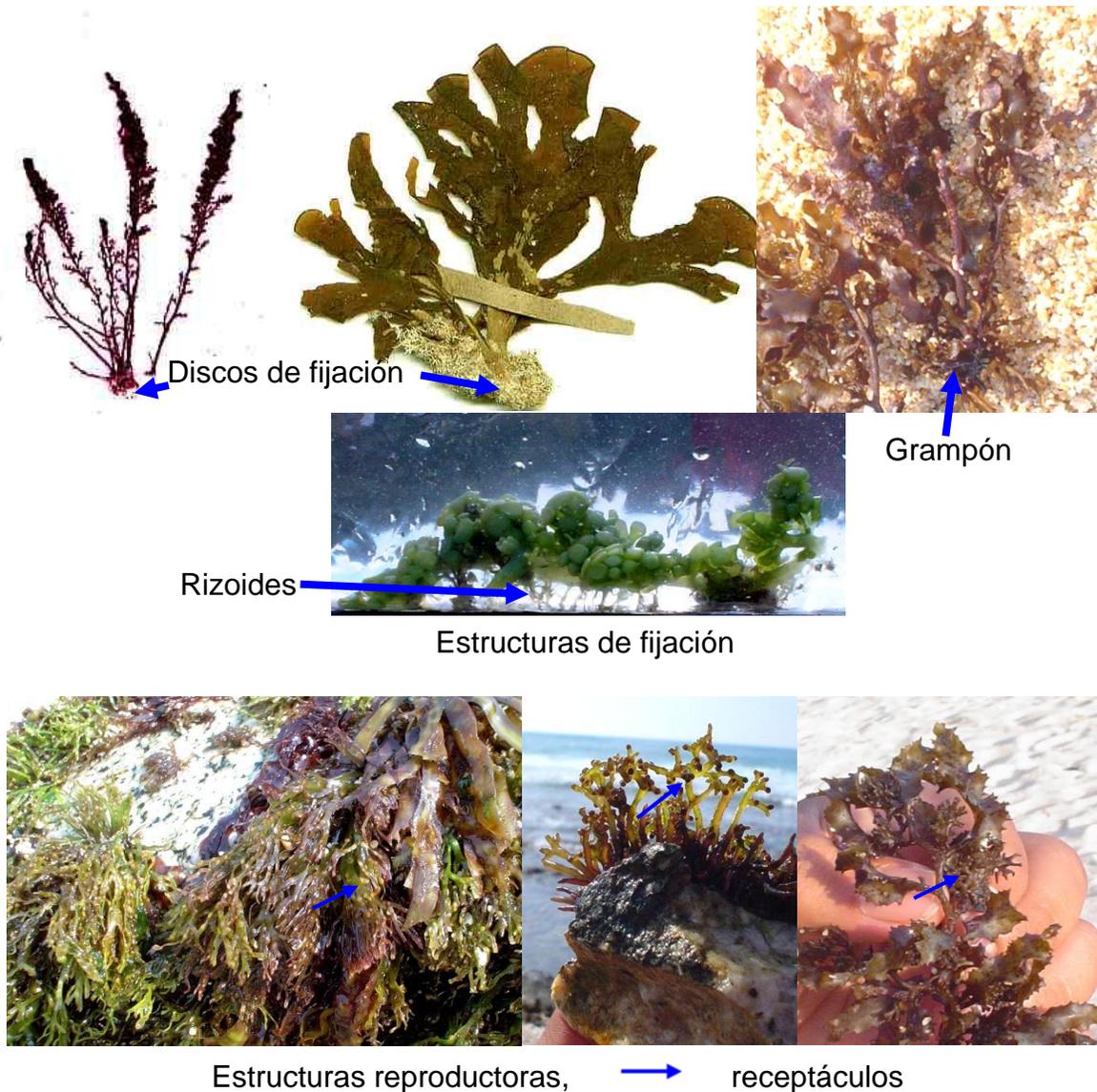


Figura 10. Ejemplares completos con estructuras de fijación y reproductoras.

En tanto se llega al lugar donde se fijarán los ejemplares, estos deberán ser transportados en cubetas de plástico, evitando en lo posible la decoloración de los ejemplares por la exposición al sol, manteniéndolas en lugares sombreados y más o menos frescos.

1.5. Datos de colecta

Cada muestra requiere de datos de campo necesarios para la determinación y otros aspectos de tipo ecológico o para la colección donde se incorporarán los ejemplares. Estos incluirán una descripción detallada de la disposición de las algas en su entorno general, así como los participantes en dicha colecta. A continuación, se presenta una tabla con los datos posibles a considerar para el diario de campo.

DATOS A CONSIDERAR PARA EL DIARIO DE CAMPO

DE LA COLECTA

Localidad:

Fecha:

hora de colecta:

Coordenadas geográficas:

Número de colecta:

Nombre del colector (nunca iniciales):

VARIABLES AMBIENTALES:

Profundidad:

OD:

Transparencia:

Amonio:

T°C:

Nitritos:

S‰:

Nitratos:

pH:

Fosfatos:

OBSERVACIONES DE LOS EJEMPLARES:

Con reproductores ()

Sin reproductores ()

Asociada con:

Tipo de vida:

epífita () epilítico () epixilótico () epizoico

() Otro (especificar): _____

erecto (....) postrado ()

solitario () agregado ()

filamentoso () laminar () cilíndrico ()

Otro (especificar): _____

Textura: Lisa () Áspera ()

Consistencia: Rígida () Flácida ()

Cartilaginosa () Mucilaginososa ()

Color:

Abundancia relativa: ()

RARA 1

COMÚN 2

ABUNDANTE 3

Tipo de sitio donde se encontró (cubeta de marea, canal de marea, hondonada, etc.)

Disposición al oleaje (directa o indirecta):

Disposición a la Luz (directa o indirecta):

1.6. Fijación de las algas

Ya en el lugar de operaciones, se procede a separar por grupos de algas (rojas, pardas y verdes), de una misma zona y/o sustrato, siempre de una misma localidad, las que son colocadas en bolsas de plástico con sus correspondientes etiquetas de papel herculene, en dichas etiquetas se escribirán los siguientes datos: Número de colecta, Localidad, Fecha, Hora y colectores.

Todos los ejemplares colectados se fijarán con formol neutralizado con bórax a una concentración final del 5 % con agua de mar, a cada una de las bolsas se le agregará la cantidad suficiente del fijador para cubrir el material, es importante que a las algas verdes se le agregue acetato de cobre con la punta de una aguja.

Todo el material se depositará en una bolsa de plástico negra la cual se coloca dentro de una cubeta, tapándose posteriormente. Las algas se mantienen en el fijador un periodo de 24 h, después de esta fase, el fijador es eliminado de las bolsas y colocado en frascos con tapa y empaque, los frascos previamente se etiquetan con los siguientes datos: Localidad, fecha de colecta, material algal al que pertenecía el fijador (algas pardas, rojas o verdes). Una vez que se escurra el formol las bolsas con las algas se van doblando una a una y se depositan dentro de la misma bolsa negra y de esta manera son transportadas al laboratorio donde se llevará a cabo su posterior procesamiento.

1.7. Materiales y equipo

Material por Sección:

- 1 kg de bolsas de plástico de 30 x 40 cm
- 6 bolsas grandes de plástico grueso para basura de color negro.
- Una bolsa de ligas chicas
- Una cuerda de 30 m

Material por Equipo:

- Cubeta de plástico de 4 l con tapadera
- Martillo o cincel
- Un plumón grueso de tinta permanente resistente al agua
- Etiquetas de colgar de papel herculene

Material Individual:

- Libreta de campo (de nivel o de tránsito)
- Lápiz Mirado número 2
- Espátula
- Lupa de mano
- Un par de tenis para utilizar en el agua
- Protector solar
- Chaleco salvavidas (opcional)
- Equipo para buceo libre (visor, esnórquel y aletas) (opcional)

Material General (llevado por los maestros):

- Probetas de plástico
- Charolas
- Formol neutralizado con bórax
- Acetato de cobre
- Termómetro
- Papel indicador de pH
- Salinómetro
- Kit para nutrientes
- Winkler para OD

1.8. Actividades extras

De manera individual se hará entrega de un reporte diario, el cual deberá contar con los siguientes aspectos:

a) Relación detallada de las áreas de colecta

- Nombre de la localidad, fecha y hora de colecta
- Tipo de playa
- Geología (rocas predominantes)
- Hidrología: posibles escurrimientos de la parte continental, presencia o ausencia de lagunas o esteros, variables ambientales (temperatura del aire y agua, pH, salinidad, OD, nutrientes, nubosidad, dirección y velocidad del viento, tipo de oleaje, tipo de marea en el momento de colecta y la general para la región)
- Tipos de suelos predominantes
- Tipo de arena y su posible origen
- Tipo climático
- Tipo de vegetación terrestre
- Posible fauna asociada (terrestre y acuática)
- Influencia humana: presencia o ausencia de zonas urbanas y tipo, presencia o ausencia de contaminantes (basura, derrame de líquidos, etc.), agricultura, ganadería, pesca, turismo, entre otros

b) Descripción de la disposición de los conjuntos de algas, incluyendo la dominancia de los phyla por franjas y dominantes fisonómicos de las algas.

c) Listado genérico y/o específico de algas colectadas.

1.9. Algas Dulceacuícolas

1.9.1. Microalgas fitoplanctónicas

Las algas de agua dulce corresponden básicamente a la división Chlorophyta (algas verdes), aunque podemos llegar a encontrar elementos de la división Rhodophyta.

La mayoría de estas algas se encuentran en el fitoplancton y para su captura requerimos de redes cónicas que pueden ser de arrastre o de cuchara, generalmente con una abertura de malla de 39 μm (Fig. 11)



a) Red de arrastre

b) Red de Cuchara

Figura 11. Redes cónicas para colecta de fitoplancton.

El muestreo de plancton en sistemas con profundidades mayores a los tres metros se lleva a cabo a bordo de una lancha con motor fuera de borda, utilizando una red cónica de arrastre, el cual se efectúa ya sea en línea recta, zigzag o circular, en este último debemos tener cuidado de que la red vaya hacia el centro del círculo para evitar su destrucción con la propela del motor (Fig. 12)

Para mantener sumergida la red se le agrega un peso muerto o plomada, ya sea en el aro mayor o en la unión de los cabos, la colecta se inicia bajando la red a una profundidad generalmente definida por la transparencia del sistema, la cual se obtiene mediante el disco de Secchi y efectuando un movimiento diagonal del fondo hacia arriba.

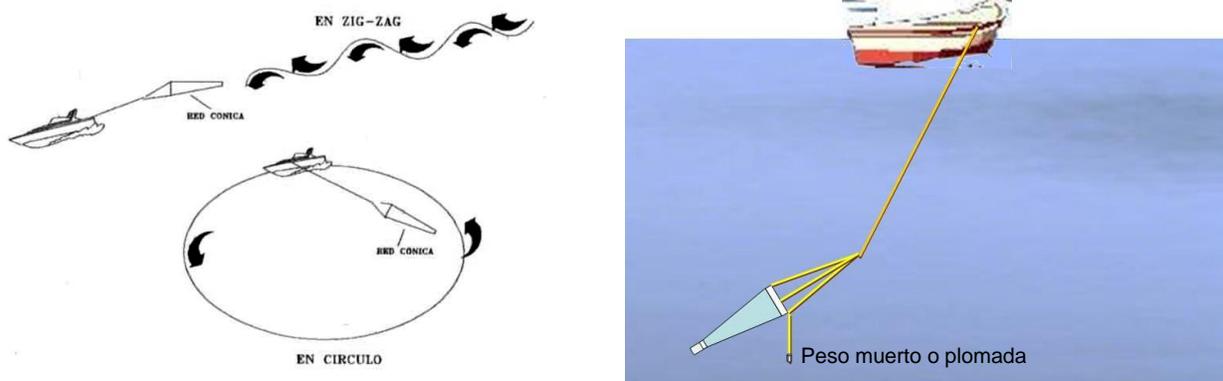


Figura 12. Colecta de plancton por arrastre de red cónica.

Cuando los sistemas son muy someros entonces se recomienda la utilización de redes cónicas de cuchara, los arrastres se realizan en forma de ochos, en un tiempo aproximado de cinco minutos, puede hacerse una variante de este método en el cual se hacen arrastres cortos y después se agita la red y se vuelve a arrastrar, hasta obtener una muestra concentrada de plancton (Fig. 13)



Figura 13. Muestreo de arrastre en “8” con red de cuchara para sistemas someros.

Una variante del muestreo para sistemas someros con redes de cuchara se realiza de manera estacionaria, utilizando una cubeta de aproximadamente 20 l, para lo cual se hacen pasar más de 200 l de agua por la red hasta obtener un buen concentrado de plancton (Fig. 14)



Figura 14. Muestreo estacionario con red de cuchara para sistemas someros.

Independientemente del método utilizado, las muestras se pueden transportar al laboratorio de dos formas:

a) Fijadas con formol neutralizado con bórax a una concentración final de 4 % con agua del medio.

b) En vivo a bajas temperaturas para evitar la degradación natural, es preferible hacerlo de las dos formas, máxime si se van a utilizar en los microcultivos o en la determinación de las especies, por lo que es conveniente verlos en vivo.

1.9.2. Microalgas del perifiton

El perifiton se caracteriza como una derivación del bentos, es decir, son organismos que se encuentran asociados a diversos sustratos, de acuerdo a esto se clasifican en:

- a) Epífitos, aquellos que viven sobre las plantas y sus raíces.
- b) Epixilóticos las que se localizan sobre la madera muerta.
- c) Epilíticos o las relacionadas con rocas o concretos prefabricados, así como metales o vidrio.
- d) Epizóicos ubicadas sobre organismos animales, por ejemplo: conchas, carapachos de tortugas, etc.
- e) Endozóicos que se encuentran dentro de las conchas, caracoles, carapachos, recto de larvas de insectos, etc.
- f) Episámicos, que viven sobre la superficie del fondo lodoso.

Algunos organismos se encuentran relacionados con sustratos que el humano ha introducido en los ecosistemas, es el caso de pedazos de tela, plásticos, PVC, entre otros, en este sentido se hace referencia al nombre directo del sustrato.

La colecta del perifiton, se lleva a cabo en los diferentes sustratos, las muestras se obtienen raspando la superficie de los mismos, utilizando una espátula para sustratos duros, o un cepillo de dientes para los sustratos suaves, en este último caso el raspado se realiza de manera circular, algunos sustratos como plantas acuáticas pueden ser exprimidos suavemente dentro de una bolsa de plástico o frasco.

Las muestras son colocadas en bolsas o frascos de plástico, uno por cada sustrato, las cuales pueden ser transportadas en vivo o fijadas con una solución final de formol neutralizado con bórax al 4 % con agua del medio.

Independientemente del gremio que se pretenda colectar, las muestras deberán de portar una etiqueta de papel herculene grueso en la cual se escribirán con lápiz los datos que se muestran en los siguientes ejemplos:

Para el caso de fitoplancton

Localidad:	Municipio:
Coordenadas:	
Fecha:	Hora de colecta:
Tipo de colector:	
Tiempo de muestreo:	
Cantidad del Concentrado:	Fijador:
Nombre del colector:	

PRÁCTICA 3

COLECTA Y PRESERVACIÓN DE BRIOFITOS (HEPÁTICAS, MUSGOS Y ANTOCEROTAS)

1. Introducción

Los briofitos son considerados las plantas verdes terrestres más primitivas, de tamaño generalmente pequeño, no vasculares ya que no presentan estructuras de conducción. La pared celular de sus células está compuesta por celulosa y hemicelulosa y carecen de lignina; se encuentran sobre rocas, suelos, árboles, troncos e incluso algunas veces en el agua.

Estos vegetales presentan clorofila *a* y *b*, β y α -carotenos, xantofilas como luteína, criptoxantina y zeaxantina, así como flavonoides, las sustancias de reserva son el almidón verdadero y algunas grasas.

Estos grupos están incluidos en tres phyla: Marchantiophyta (hepáticas), Bryophyta (musgos) y Anthocerotophyta (antocerotas). El gametofito se encuentra claramente diferenciado en una superficie superior o dorsal y una inferior o ventral, es fotosintético, taloso o folioso, fijo al sustrato por rizoides unicelulares o pluricelulares (Figs. 15, 16, 17)

Forman parte de las embriobionta, por que crean un embrión a partir del cigoto, su ciclo de vida se realiza por alternancia de generaciones heteromórfica, presentan un gametofito de simetría radial o dorsiventral y un esporofito poco llamativo y dependiente del primero.

Los briofitos probablemente se han estudiado poco para determinar su importancia económica, sin embargo, existen observaciones de que potencialmente representan fuentes indirectas de recursos explotables, sobre todo los musgos, y en particular *Sphagnum* sp. Son con frecuencia pioneras en suelos desnudos y formadoras de materia orgánica.

Sus estructuras reproductoras sexuales, llamadas gametangios, son los anteridios, gametangios masculinos y arquegonios, gametangios femeninos, superficiales o inmersos en el gametofito y protegidos por una capa de células estériles. Los anteridios son de forma globosa pedunculados y producen anterozoides biflagelados, los arquegonios tienen forma de botella con una base ensanchada llamada vientre y una alargada llamada cuello del arquegonio, dentro del vientre se forma una célula grande denominada oosfera u óvulo.

2. Técnicas de colecta y preservación de briofitos (hepáticas, musgos y antocerotas)

La determinación y montaje para colecciones científicas de cualquier organismo o conjuntos de ellos, tiene como base una colecta adecuada, es decir, si en campo no recopilamos la información básica para el estudio y análisis de las comunidades biológicas, corremos el riesgo de que el trabajo en el laboratorio sea infructuoso.



Hepáticas talosas

Hepática foliosa

Figura 15. Gametofitos de Marchantiophyta (hepáticas)



Figura 16. Gametofitos de Bryophyta (musgos)



Figura 17. Gametofitos de Anthocerotophyta (anteocerotas)

2.1. Los tipos de sustratos y formas de crecimiento

En el caso de las hepáticas (Marchantiophyta), musgos (Bryophyta) y antocerotas (Anthocerotophyta), el sustrato es una de las características importantes a considerar, en este sentido los podemos ubicar en los siguientes tipos:

- a) Sobre la corteza de árboles: epixilóticos o cortícolas
- b) Sobre otras plantas: epífitos
- c) Sobre rocas, ladrillos y concretos: epilíticos o saxícola
- d) Sobre suelos o barro: edáficos
- e) Sobre arena: epipsámicos

Así mismo, la forma de crecimiento que presentan estos organismos, también es necesario anotarla, existen dos formas básicas: postrada o rampante y erecta (Fig. 18)

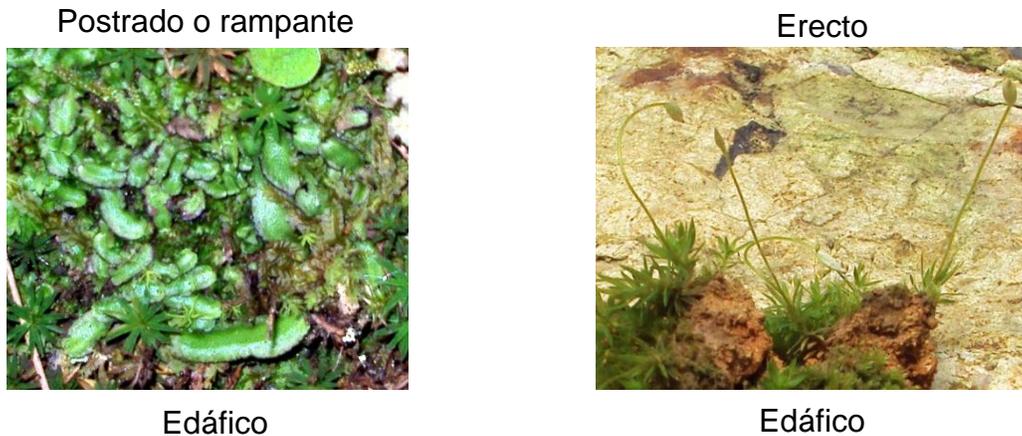


Figura 18. Tipos de crecimiento y sustrato.

1.2. Las estructuras de reproducción

Un detalle que resulta de gran importancia son las estructuras reproductoras, tanto asexuales (cápsulas), como sexuales (esporofito, gametofito, gametóforos, esporóforos, etc.), al coleccionar el material, debemos de asegurarnos que éstas se encuentran presentes (Fig. 19)



Figura 19. Briofitos con estructuras reproductoras.

Para el caso de los musgos la forma de crecimiento del esporofito también es importante considerarlo, en este sentido los vamos a encontrar como acrocápicos (Fig. 20), pleurocápicos (Fig. 21) y cladocápicos.

*Pogonatum* sp.

Figura 20. Musgos acrocárpicos.

*Entodon* sp.*Mnium* sp.

Figura 21. Musgos pleurocárpicos.

En los musgos el conjunto de estructuras reproductoras sexuales o gametangios, anteridios y/o arquegonios, también llamados gametóforos, no son evidentes, en esos casos se debe considerar la coloración de los filidios del extremo apical de las ramitas del gametofito, ya que, si éstas son de tonos oscuros es un buen indicador de la presencia de dichas estructuras (Fig. 22)



Figura 22. Gametofitos de *Mnium* sp. con gametóforos.

3. Objetivos

- Conocer las técnicas de colecta para las hepáticas, musgos y antocerotas.
- Aprender los métodos para la preparación, conservación y documentación de los ejemplares colectados.
- Analizar y describir las principales características de los ejemplares, así como de los sitios de muestreo.

4. Desarrollo de la práctica

4.1. Materiales

Libreta de campo, lápiz, regla, cinta métrica o vernier, etiquetas de colgar de papel herculene, fichas ecológicas, hojas de papel bond de reúso o bolsas de papel de estraza, espátula, cajas galleteras y cámara fotográfica.

4.2. Colecta de ejemplares

Es importante considerar que una colecta sin los datos de campo y de los ejemplares colectados, no tiene ningún sentido, ya que dicho material no podría ser incorporado a una colección científica y generalmente termina desechado.

Un buen muestreo requiere de datos de campo precisos, que nos permitan ubicar el entorno de los organismos, la localización exacta y observaciones en vivo de los mismos; el trabajo de campo, además de resultar apasionante nos permite disfrutar de la naturaleza, desarrollar nuestros sentidos (olfato, oído y la vista).

Los más mínimos detalles por intrascendentes que nos parezcan deberán de ser anotados en nuestras libretas de campo y en las fichas ecológicas, aspectos importantes como: las coloraciones en vivo, la textura, las asociaciones, el tipo de sustrato, etc., son elementos indispensables que no deben ser pasados por alto.

Sólo se coleccionará una pequeña porción (3 cm² aproximadamente), de especies diferentes, de ser posible los ejemplares deberán de presentar también el esporofito, de aquellas especies que sean raras solamente se coleccionará una pequeña proporción representativa. **¡A TODOS LOS EJEMPLARES COLECTADOS SE LES TOMARÁN FOTOGRAFÍAS EN CAMPO!**

Los datos deberán de anotarse en el diario de campo (libreta de campo) y/o en una ficha ecológica (Cuadro1), es importante que antes de la colecta se escriban los datos en la libreta de campo cuando menos para 10 ejemplares.

Cuadro 1. Ficha ecológica por ejemplar de briofitos

LOCALIDAD, MUNICIPIO, ESTADO:	COORDENADAS:
COLECTOR:	No. Colecta:
ALTITUD:	
GRUPO: hepática, musgo, antocerota	
LUZ: expuesto, sombreado	
AGUA: seco, húmedo, mojado, sumergido	
TOPOGRAFÍA: montaña, cerro, ladera, valle, río, arroyo, ciénaga, estanque	
VEGETACIÓN DOMINANTE:	
SUBSTRATO: edáfico, epipsámico, humícola, epífita, epixilótico, epilítico, sobre barro	
SOBRE ROCAS O SUELO (EPILÍTICAS O EDÁFICAS): Pendiente (de ser posible en grados / pronunciada, poco pronunciada). Posición; grieta, pared, cantos rodados, grava	PENDIENTE:
	POSICIÓN:
SOBRE VEGETACIÓN (EPÍFITICAS o EPIXILÓTICAS): Tipo: tronco con o sin corteza, rama, hoja, raíz, tocón, madera en descomposición, estructuras vegetales caídas	EPÍFITA:
	EPIXILÓTICA:
FORMA BIOLÓGICA VEGETAL: árbol, arbusto, hierba, liana	
FORMA BIOLÓGICA DEL EJEMPLAR PARA HEPÁTICAS Y ANTOCEROTAS: taloso, folioso	
TIPO DE CRECIMIENTO DEL EJEMPLAR PARA MUSGOS: postrado, erecto	
TIPO DE CRECIMIENTO DEL ESPOROFITO PARA MUSGOS: acrocárpico, pleurocárpico, cladocárpico	
TAMAÑO DEL EJEMPLAR COMPLETO Y DEL ESPOROFITO PARA MUSGOS (cm o mm):	EJEMPLAR COMPLETO:
	ESPOROFITO:
ABUNDANCIA RELATIVA Abundante: más de 5 manchones de medianos a muy grandes. Común: de 2 a 5 manchones de pequeños a medianos. Rara: un solo manchón pequeño.	
COLOR DEL GAMETOFITO Y DEL ESPOROFITO:	GAMETOFITO:
	ESPOROFITO:
ASOCIACIONES:	
OBSERVACIONES:	
Modificado de: Delgadillo-Moya <i>et al.</i> (2022)	

4.2. Conservación de los ejemplares

Una vez retirada la muestra del sustrato, si éste último es de suelo, barro o arena, se tendrá que quitar el mismo con mucho cuidado o desprenderse de rocas, ramas o troncos.

Para la conservación de los ejemplares se deben seguir los siguientes métodos:

4.2.1. Conservación en bolsas de papel de estraza o sobres de papel bond de reúso

Cada ejemplar colectado deberá de etiquetarse agregando los siguientes datos con lápiz a una etiqueta de colgar de papel herculene:

localidad:

Coordenadas:

número de colecta:

Nombre del colector:

Las etiquetas deberán de elaborarse con papel herculene grueso de tamaño 4 x 4 cm a las que se les amarra un cordel de hilaza o hilo de nylon, no se deben escribir iniciales.

Los ejemplares se colocarán en bolsas de papel de estraza o sobres confeccionados con papel bond de reúso, éstos últimos se pueden elaborar de la siguiente manera (Fig. 23)

- A partir de una hoja de papel se recorta un cuadro dependiendo del tamaño de los ejemplares:
 - a) Se dobla dejando un extremo ligeramente más grande que otro (pestaña).
 - b) Los lados son doblados hacia adentro para formar el sobre de papel.
 - c) Desdoblar los lados y formar una cuña en cada extremo.
 - d) Se coloca el ejemplar dentro del sobre junto con la etiqueta correspondiente.
 - e) Se doblan nuevamente los lados y se cierra la pestaña, por fuera se colocan los mismos datos que los de la etiqueta y se guardan en la caja galletera o canasta de mimbre.

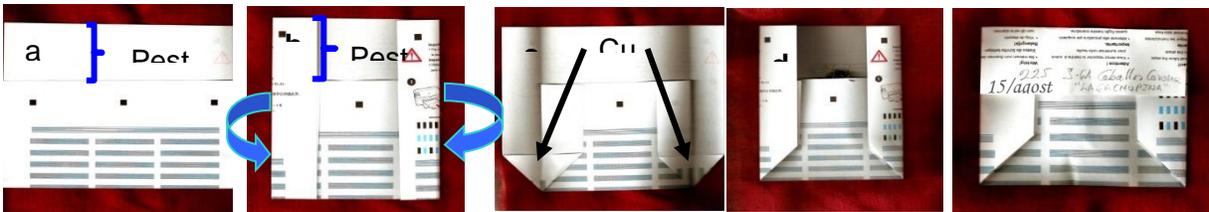


Figura 23. Elaboración de sobres para guardar ejemplares.

Una vez de regreso a la ciudad los sobres deberán de ser abiertos y colocados en un área ventilada, cambiándolos cuantas veces sea necesario hasta que las muestras se sequen (no deben secarse directo al sol, ya que esto deteriora el material). Recuerda colocar la etiqueta y los datos de la pestaña en cada nuevo sobre que utilices, mientras se secan los ejemplares. Si son bolsas de papel estraza, solamente deben abrirse y dejarse secar sin cambiar los ejemplares a nuevas bolsas.

4.2.1. Transporte en charolas galleteras de reúso

Si el material se va a trabajar inmediatamente o se requiere para su trabajo en fresco en el laboratorio, entonces es conveniente que, en lugar de colocarlo en sobres, estos se transporten en contenedores, como las charolas galleteras.

Es necesario colocar una pequeña cama de suelo del área donde se colecten y sobre ella colocar los ejemplares, cada ejemplar colectado deberá de llevar una etiqueta de colgar de papel herculene con los datos correspondientes (Fig. 24)



Figura 24. Briofitos en contenedores de plástico.

BIBLIOGRAFÍA

Ardiles, V.; J. Cuvertino y F. Osorio. (2008). *Guía de Campo Briófitas de los Bosques Templados Australes de Chile. Una introducción al mundo de los Musgos, Hepáticas y Antocerotes que habitan los Bosques de Chile*. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile.

Calzadilla, E. y S. P. Churchill. (2017). *Glosario Ilustrado para Musgos Neotropicales*. La Rosa Editorial Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Castrejon V., A., Mendoza R., A. C. y Pérez G., B. (2024), *¿Sabes cómo recolectar musgos y helechos?* Contactos, Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería, 133, 71-78.

Ceballos-Corona, J. G. A., S. F. Andrade-Hernández y A. D. Medina-Acosta. (2024). *Guía de campo de grupos briofíticos*. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Delgadillo-Moya, C. Escolástico, D. Hernández-Rodríguez, E. Herrera-Paniagua, P. Peña-Retes, P. y Juárez-Martínez, C., *Manual de Briofitas*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<https://elmusgo.blogspot.com/>

Núñez-Vargas, A., Ceballos-Corona, J. G. A., Mendoza-González, A. C. y Mateo-Cid, L. E. (2018). *Algas Marinas Macroscópicas colecta, conservación y determinación de las algas marinas más comunes en la costa de Michoacán Guía de Campo*. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.