

1. PRINCIPALES BIOINDICADORES DEL AGUA

El uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis fisicoquímicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de



los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua.

En Japón, por ejemplo, las dependencias encargadas del monitoreo del agua ya cuentan con guías ilustradas de los organismos que se pueden encontrar en algunos ríos, incluyendo información sobre la tolerancia o susceptibilidad que

presentan a cierto tipo de contaminante, de tal manera que cada una de ellas proyecta información sobre el estado del medio acuático.

Un organismo se considera bioindicador siempre y cuando se conozca el grado de tolerancia del mismo, no todos pueden darnos información debido a sus hábitos alimentarios o a su ciclo de vida. Por citar algunos organismos que pueden ser usados como bioindicadores están los moluscos, insectos, anélidos hirudíneos, peces y el plancton, también es importante considerar la abundancia con que se les encuentra y la época del año.

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (Raz-Guzmán, 2000).

En cada ecorregión existen especies fácilmente identificables que son las primeras en desaparecer con un aumento en las alteraciones causadas por el hombre.

La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de estos dos factores, por lo que el conocimiento de especies intolerantes encontradas en cada región deberá ser consultada con los investigadores expertos locales para la asignación de los grados de tolerancia.

Las ventajas del uso de bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua e implementar acciones sobre la recuperación son variada. La colecta y registro de información biológica puede realizarse por personas ajenas a la biología, ya que existen manuales que señalan métodos establecidos.

Las comunidades biológicas reflejan las condiciones del sistema (física, química, biológica y ecológica).

La información resultante puede expresarse por medio de Índices Bióticos que expresan la calidad del agua mediante escalas numéricas. No obstante el empleo de bioindicadores también presenta limitaciones tales como: el ajuste de índices bióticos para distintas regiones, el muestreo implica mayor tiempo, la información de cada bioindicadores cualitativa y para la identificación taxonómica se requiere experiencia.

Para obtener una evaluación integral será necesario realizar conjuntamente análisis fisicoquímicos o pruebas de toxicidad.

2. GRUPOS DE ORGANISMOS COMO BIOINDICADORES

A continuación se mencionan algunos grupos de organismos que se emplean como bioindicadores de la calidad del agua.

2.1. Bacterias.

En las aguas destinadas al consumo doméstico, uno de los factores más importantes a tener en cuenta es su estado sanitario, reflejado en los organismos que contiene. En este caso es necesario utilizar índices bacteriológicos que consideran la proporción de organismos indicadores de contaminación fecal presentes en las aguas a través de conteos directo de las poblaciones de coliformes (*especialmente Escherichia coli*) y de estreptococos, y a veces también de otras especies de virus, sulfabacterias, ferrobacterias.

Uno de los mayores problemas empleando índices bacteriológicos es el tiempo que necesitan para obtener resultados, puede tardar varios días y hasta una semana o más antes de obtener los

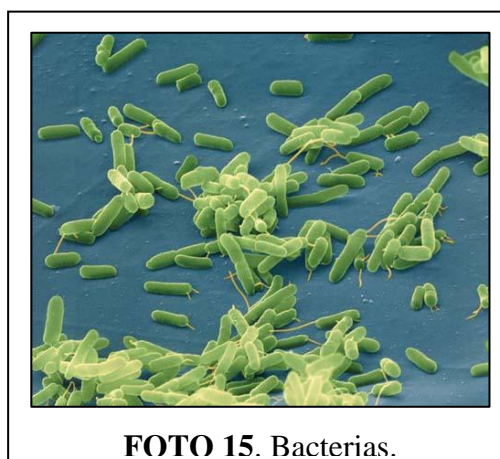


FOTO 15. Bacterias.

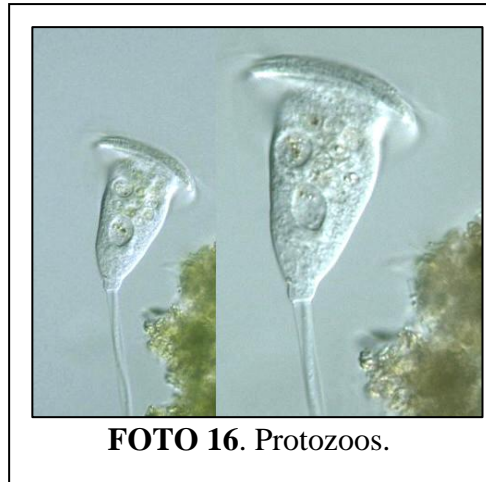
grupos de organismos buscados, asimismo los resultados son difíciles de interpretar, claro está que las células fueron activas en el momento del muestreo. Similar problema existe cuando se emplean conteos directos del número de células bacterianas ya que es

difícil y sólo posible con técnicas avanzadas y costosas para distinguir entre células bacterianas viables o inviables

2.2. Protozoos

Al igual que las bacterias, la obtención de muestras es relativamente fácil y su respuesta a enriquecimiento orgánico es bien conocida.

Existe abundante literatura sobre la posición de estos organismos en el sistema saprobio, pero la desventaja es que se necesita mucha experiencia en la identificación taxonómica, también existen dificultades de flotación y hay grandes diferencias en la composición de sus comunidades en microhabitats, eso quiere decir que es difícil obtener muestras representativas. El uso de substratos artificiales puede ayudar a resolver estos problemas pero pueden crear otros problemas como la interpretación de los datos en el contexto ambiental, ya que la composición de los substratos puede ser diferente a la del sitio de muestreo.



2.3. Fitoplancton

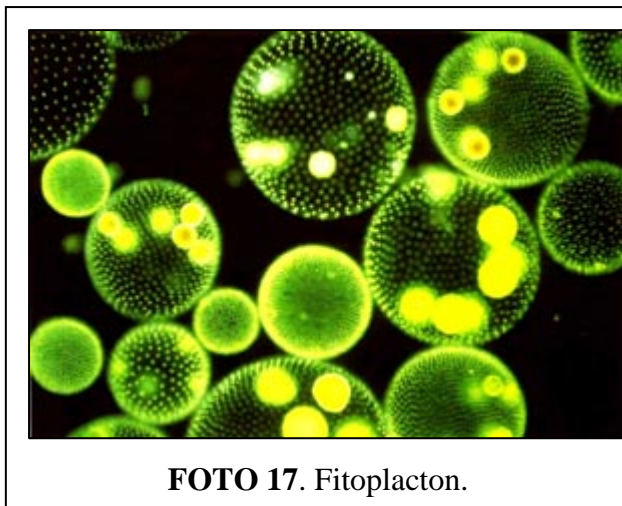
La importancia de emplear algas como indicadores biológicos se debe a su relación con

la eutrofización. En aguas libres, como de lagos, es el único grupo de organismos que se

puede utilizar para investigar el enriquecimiento orgánico.

La toma de muestra es fácil, pero la obtención de muestras cuantitativas es difícil especialmente para formar que estén atadas.

La tolerancia de las algas a la contaminación orgánica es muy conocida, sin embargo no son útiles como indicadores de



contaminación por biocidas o por metales pesados.

Existen muchos ejemplos de algas microscópicas para inferir sobre la calidad de los ambientes acuáticos, estas permiten conocer las fluctuaciones en la masa de agua, lo

que ha permitido trascender en la caracterización de especies tolerantes o afines a la materia orgánica y en su capacidad de descomponerla.

Una de las características más importantes de las algas es su capacidad depuradora del medio ambiente, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica, por un lado y por el otro a aumentar el oxígeno disuelto en el agua, el cual será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y fauna del medio acuático donde viven.

De las microalgas, los diatomeas son preferidas para los monitoreos debido a que es el grupo autóctono dominante además de que su identificación es simple. Las ventajas de su uso es que son cosmopolitas, algunas especies son muy sensible a cambios ambientales mientras que otras muy tolerantes, algunas son muy sensibles a cambios ambientales por periodos muy largos. El muestreo es sencillo y rápido, pueden cultivarse para estudiarlas en diseños experimentales.

2.4. Macrofitas.

Las macrófitas comprenden a todas las plantas acuáticas pluricelulares, incluyen a musgos, hepáticas y fanerógamas, son componentes naturales de la mayoría de los ecosistemas acuáticos.

Las ventajas del uso de macro fito como indicadores radican en que son estacionarias y su recolección es fácil debido a su tamaño y ubicación en el cuerpo de agua (orillas). El muestreo cualitativo de estos organismos incluye una observación visual y recolección de



FOTO 18. Macrofitas.

los tipos más representativos del área de estudio. La comunidad de macrofitas tienen influencia del clima, la geología y el tipo de substrato.

2.5. Peces

Este grupo es el único que es monitoreado fácilmente por el público o grupos interesados como los pescadores.

Al ser el ápice de la cadena alimentaria, los peces reflejan efectos de contaminación directa e indirecta, esta última por alimentarse de otros peces contaminados. Sin embargo, los peces tienen una gran movilidad dentro del ambiente

acuático y pueden escapar de la contaminación y volver cuando las condiciones hayan mejorado.

En general, los peces son considerados buenos indicadores de la calidad del medio, por lo que una gran diversidad y abundancia de peces en ríos, lagos y mares indican que es un ambiente sano para todas las demás formas de vida.

Por el contrario, un porcentaje alto de peces enfermos podrían ser causados directa o indirectamente por niveles considerables de contaminantes.

Para considerar a un organismo como indicador biológico, debe considerarse fácil de capturar e identificar, y además que se disponga de una amplia información sobre las historias de la vida de las especies.

La presencia de peces carnívoros es otro parámetro indicador de la calidad de un ambiente



FOTO 19. Peces.

estas especies indican una comunidad saludable y diversificada; a medida que la calidad del agua declina, las poblaciones de peces carnívoros disminuyen o desaparecen.

Una proporción mayor de 5% de estos individuos indica ecosistemas saludables; mientras que muestras con menos de 1% de estos organismos indican condiciones de mala salud del ecosistema.

3. LOS MACROINVERTEBRADOS.

Los macroinvertebrados son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos, como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas, debido a que:

- Son razonablemente sedentarios, ya que debido a su escasa capacidad de movimiento, están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas.
- Tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos, lo que nos permite estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo.
- Abarcan en su conjunto un amplio espectro ecológico.
- Tienen un tamaño aceptable frente a otros microorganismos.

Las respuestas de las comunidades acuáticas a las perturbaciones ambientales son útiles para evaluar el impacto de los distintos tipos de contaminación, residuos municipales, agrícolas, industriales e impactos de otros usos del suelo sobre los cursos de aguas superficiales.

Estos estudios suponen una herramienta adecuada para el establecimiento de caudales ecológicos.

Con la realización de estos estudios, se lleva a cabo Índices Bióticos, basados en la ordenación y ponderación de las especies de macroinvertebrados presentes en las aguas según su tolerancia a la contaminación orgánica. Entre los existentes destacamos el IBGN (Índice Biológico General Normalizado), y el BMWP (Biological Monitoring Working Party).

La información suministrada por los diferentes tipos de índices debe considerarse conjuntamente para poder revelar con fidelidad tanto las tolerantes como las intolerantes a la contaminación, y cómo se estructuran dentro de la comunidad, si existe dominancia, etc.

Para la realización del índice es necesaria la toma de muestras de macroinvertebrados, (invertebrados mayores de 500 micras), para ello, y en función del índice biológico a realizar, se establecerá el protocolo de campo a seguir para un adecuado muestreo.

El IBGN, permite la evaluación de la calidad general de un curso de agua mediante el análisis de la macrofauna béntica, profunda, la cual está considerada como indicador de calidad de la misma. También permite la evaluación del efecto de una perturbación en el medio receptor cuando es aplicado comparativamente río arriba y debajo de un vertido o de alguna otra perturbación.

Los individuos son seleccionados y determinados hasta el nivel de familia, excepto donde la identificación es delicada. Entonces el índice es calculado mediante una tabla, variando los valores entre 0 (muy mala calidad) hasta 20 (muy buena calidad).

Este índice es de cálculo fácil y se obtiene una expresión sintética de la calidad desagua, fácilmente asimilable por cualquier persona. Tenemos que añadir que éste índice es menos representativo que el IBGN pues basta con la presencia de un único individuo de una especie para que sea tenida en cuenta, así que pueden estar los resultados falseados por el fenómeno de deriva de los macroinvertebrados río arriba de los cursos de agua.

La palabra “macroinvertebrados” se refiere a varios grupos taxonómicos que no poseen vértebras, y su tamaño es mayor de 500 micras.

2.1. Crustáceos.

Son animales de respiración branquial provistos de dos pares de antenas. Su cuerpo está cubierto con un exoesqueleto, fundamentalmente



FOTO 20. Crustáceo.

quitinoso y a veces endurecido por sales calcáreas (crusta = concha). Este exoesqueleto se renueva cada cierto tiempo por medio de mudas, proceso que se conoce como “ecdisis” (es cuando el animal aprovecha para crecer ya que una vez endurecido es completamente inextensible).

2.1.1. Anatomía.

En su cuerpo pueden distinguirse tres regiones: cefálica, torácica y abdominal, reunidas normalmente las dos primeras en un bloque único llamado cefalotórax, y dotadas cada una con un cierto número de apéndices birrámeos característicos.

Los crustáceos se caracterizan por tener 2 pares de antenas y pata articuladas. Estas últimas son tubulares, están bifurcadas en un a rama interior y otra exterior, y se mueven mediante músculos existentes en su interior. Es frecuente que cuando los apéndices se desprenden por cualquier causa, se regeneren durante las mudas.

Con la cabeza suelen estar soldados algunos segmentos del tórax, constituyendo el Cefalotórax o pereión, que forma entonces una sólida unidad. Está muy quitinizado e incluye una sedimentación calcárea, ofreciendo una eficaz protección a las branquias, desarrolladas como apéndices de las patas torácicas.

La principal cavidad del cuerpo es un aparato circulatorio expandido a través del cual es impulsada la sangre por un corazón dorsal. El circuito sanguíneo es siempre sencillo y abierto. Los diferentes órganos reciben la renovación sanguínea a través de senos lagunares más o menos amplios. La sangre de los crustáceos, como la de los moluscos, contiene generalmente hemocianina.

El aparato respiratorio está formado por branquias situadas en la región torácica. La mayoría de los crustáceos son unisexuales. En la copulación, el macho sujeta a la hembra. Le pasa el esperma mediante unos pleópodos debidamente modificados.

La fecundación de los óvulos suele producirse en muchos crustáceos bastante después de la cópula, en el ovario o en una cavidad incubadora especial. Las hembras cuidan la progenie y llevan los huevos, en unos pares de apéndices modificados, hasta

que eclosionan las larvas. Las larvas atraviesan varios estadios, mudando de piel antes de cada uno de ellos. Termina su evolución cuando se les han formado todos los segmentos y extremidades.

2.2. Anélidos.

Los anélidos son un gran filo de animales invertebrados protóstomos de aspecto vermiforme y cuerpo segmentado en anillos. En el lenguaje popular se suele reunir a varios grupos de invertebrados bajo el nombre de gusanos, término sin ningún valor taxonómico; muchas de las semejanzas entre estos filos de gusanos son convergencias evolutivas sin ningún valor filogenético.

No todos los gusanos son anélidos. Existen diversos invertebrados con el cuerpo blando, alargado y cilíndrico que no pertenecen al grupo de los anélidos. Es el caso de los nematodos o los platelmintos, y de algunos artrópodos, como el ciempiés o las orugas que dan lugar a las mariposas.

2.2.1. Anatomía.

El cuerpo de los anélidos está compuesto por numerosos metámeros o anillos similares entre sí. La anatomía interna de los anélidos refleja también la externa, con repetición de diversos órganos en cada metámero. Se han descrito unas 16.500 especies que incluyen los gusanos marinos poliquetos, las lombrices de tierra y las sanguijuelas. Se encuentran en la mayoría de los ambientes húmedos, e incluyen especies terrestres, de agua dulce y especialmente marinas.

Su longitud va desde menos de un milímetro hasta más de 3 metros.

Los anelidos son animales triblásticos provistos de una cavidad del cuerpo llamada celoma. Dicha cavidad está llena de fluido en el cual están suspendidos el intestino y otros órganos.

Los Oligochaeta y Polychaeta tiene típicamente celomas espaciosos; en las sanguijuelas (Hirudinea), el celoma está en gran



FOTO 21. Anélidos.

parte lleno de tejido y reducido a un sistema de canales estrechos. El celoma está dividido en segmentos, por medio de tabiques transversales, esto presenta una novedad evolutiva con respecto a los gusanos no segmentados, ya que al estar el celoma dividido en los distintos metámeros le permite, mediante la presión hidrostática que genera esta cavidad, realizar movimientos peristálticos, y así la locomoción del animal.

En las especies más típicas, cada tabique separa un segmento del cuerpo, que incluye una porción de los sistemas nervioso y circulatorio, permitiendo que funcionen de modo relativamente independiente. La cabeza posee ganglios cerebroides y órganos sensoriales (visuales, olfatorios, táctiles).

El cuerpo de los anélidos está recubierto por una epidermis que segrega una delgada cutícula protectora; bajo la epidermis hay una capa de musculatura circular y bajo ésta una de fibras musculares longitudinales.

En la lombriz de tierra, los músculos longitudinales están reforzados por laminillas de colágeno, y las sanguijuelas tienen una capa doble de músculos entre la capa de músculos circulares externa y la capa de músculos longitudinales interna. En la mayoría de las especies hay unas cerdas o quetas, lo que da nombre a los gusanos poliquetos marinos, y a las lombrices de tierra.

El sistema vascular incluye un vaso dorsal que transporta la sangre hacia el frente del gusano, y un vaso longitudinal ventral que transporta la sangre en la dirección opuesta.

Los dos sistemas están conectados por un seno vascular y por vasos laterales de varias clases; las lombrices incluso tienen ramificaciones capilares para la epidermis. El sistema nervioso consta de una cadena nerviosa ventral desde la cual los nervios laterales salen a cada metámero. El aparato excretor está formado por metanefridios, un par en cada metámero, que eliminan los desechos del segmento. El crecimiento en muchos grupos ocurre por la duplicación de las unidades segmentarias individuales. En otros el número de segmentos está fijado desde el desarrollo temprano.

2.2.1. Reproducción.

Dependiendo de la especie, los anélidos pueden reproducirse sexual o asexualmente.

La reproducción asexual por fisión es un método usado por algunos anélidos y permite que se reproduzcan rápidamente. La parte posterior del cuerpo se desprende y forma un nuevo individuo. La posición de rotura está determinada generalmente por un crecimiento epidérmico. *Lumbriculus* y *Aulophorus*, por ejemplo, son conocidos por reproducirse rompiendo el cuerpo en fragmentos semejantes. Muchos otros grupos no pueden reproducirse de esta forma, aunque pueden regenerar la mayor parte de los segmentos posteriores en la mayoría de los casos. Esto no es universal, y especialmente no ocurre entre las lombrices de tierra, como el folclore sugería.

La reproducción sexual permite que una especie se adapte mejor a su ambiente.

Algunas especies de anélidos son hermafroditas, mientras que otras tienen sexos separados. Los anélidos hermafroditas, como la lombriz de tierra, se aparean durante todo el año en condiciones ambientales favorables. La lombriz de tierra se aparea por copulación. Una pareja de lombrices se atrae por las secreciones de cada una: para copular ponen sus cuerpos juntos con sus cabezas en direcciones opuestas. El esperma es transferido desde el pol o masculino a la otra lombriz. Diferentes sistemas espermáticos han sido observados en diversos géneros: espermatecas internas (cámara para almacenar esperma) o espermátóforos, que son conectados al exterior del cuerpo de la otra lombriz.

La mayoría de los gusanos poliquetos tiene machos y hembras separados y fertilización externa. La primera etapa larval, que se pierde en algunos grupos, es una trocófora ciliada, similar a las que se encuentran en otros filos. El animal comienza a desarrollar sus segmentos, uno después de otro, hasta alcanzar su tamaño adulto. Los oligoquetos y las sanguijuelas tienden a ser hermafroditas y las larvas carecen de vida libre.

2.3. Moluscos.

Los moluscos son, después de los insectos, el grupo más extendido sobre el planeta, del cual se han clasificado aproximadamente 200 mil especies. Se les encuentra lo mismo en la copa de los árboles que en las profundidades abisales marinas. El estudio de estos animales ha ofrecido a los científicos, a través de la historia, temas por demás interesantes, por lo que es uno de los grupos mejor entendidos en la actualidad.

Se cuenta también con los conocimientos aportados por los coleccionistas aficionados, algunos de los cuales además del interés que les despierta la belleza de la concha, se han adentrado en el estudio de la biología de estos animales. Otros se han dedicado a conocer a los moluscos de interés puramente culinario, porque éstos, además de



FOTO 22. Calamar

ser altamente nutritivos, tienen sabores especialmente agradables.

2.3.1. Usos.

Muchos de los moluscos fueron utilizados desde tiempos prehistóricos en la alimentación humana, como lo demuestra el hecho de que en las cavernas y albergues en que se guarecieron los hombres primitivos del Paleolítico, persisten abundantes restos de conchas de moluscos que les sirvieron de alimento, como es el caso de la conocida cueva de Altamira, en el norte de España, donde se encontraron cantidades realmente extraordinarias de conchas de bígamos o lapas (*Littorina littorea*) y de lapas (*Patella vulgaris*).

En los concheros y los kiokemondingos, formados por restos de cocina, se encuentran gran cantidad de conchas y, entre ellas, restos de hombres primitivos, de ahí su gran importancia arqueológica.

Poco a poco los moluscos se fueron incorporando a la dieta de la humanidad, aumentando el consumo de algunos de ellos, como las ostras, los ostiones, las almejas y los pulpos, entre otros; sin embargo, en la mayoría de los casos su explotación fue artesanal y para consumo doméstico. Hasta épocas recientes no se inició la utilización industrial de algunos moluscos, como las ostras y los mejillones, sobre todo desde que se desarrollaron la ostricultura y la miticultura prácticas que se intensificaron a finales del siglo XIX e inicios del presente.

En la última década se han producido cambios importantes en las pesquerías mundiales de moluscos, sobre todo en el caso de los cefalópodos, al aumentar la explotación de estos recursos en la plataforma continental, con mejores equipos de pesca, embarcaciones y métodos de detección o cosecha y con la ampliación del mercado de estos organismos, ya que han sido incorporados como productos convencionales dentro del consumo del hombre.

La producción mundial de moluscos reportada por FAO para 1986, de 6 359 984 toneladas, está formada por moluscos marinos como abulones, caracoles, ostras y mejillones, calamares y pulpos, además de moluscos de agua dulce y, según esta organización, solamente los cefalópodos se encuentran muy explotados, sobre todo en las costas de Perú, Ecuador y Chile en el Océano Pacífico y, en la costa del Océano Atlántico, en el Reino Unido, Francia, España, Norte y Sur de África y Argentina.

Una de las razones del incremento del aprovechamiento de los moluscos es su alto valor nutritivo, ya que contienen vitaminas A, B, C y D; compuestos glicerofosfóricos; cloruros; carbohidratos, y proteínas en cantidades adecuadas y de fácil digestión. Las proteínas que están presentes son digeribles casi en un 100%, contra el 63% de las de carne de res. Algunos moluscos, como las ostras, poseen altas

cantidades de yodo, compuesto que interviene en el funcionamiento de la tiroides; antianémicos como el cobre y el hierro, lo cual explica la añeja popularidad que tienen estos organismos como alimento muy nutritivo.

Se tiene que subrayar que nuestro país presenta condiciones muy favorables para el aprovechamiento de los moluscos ya que éstos se localizan fundamentalmente en zonas litorales cubriendo la plataforma continental, así como en aguas salobres de lagunas litorales y costeras y algunos en aguas dulces interiores.

2.4. Arácnidos.

Los arácnidos aparecieron probablemente hace alrededor de 350 millones de años y son una de las tres clases del Subphylum de los Quelicerados, junto con los Merostomados y los Picnogónicos (artrópodos marinos). Esta clase comprende a las arañas, los escorpiones, los pseudoescorpiones, las garrapatas, los opiliones, etc.

Los arácnidos son un grupo antiguo. Los representantes fósiles de todos los órdenes se remontan al Carbonífero, y se han encontrado escorpiones fósiles que datan del

Silúrico, no obstante, éstos fueron acuáticos y contemporáneos de los Euriptéridos, de los que pudieron derivar.

Los primeros arácnidos terrestres pertenecieron a los hoy día extinguidos Trigonotarbida, que aparecieron en el Silúrico superior, mucho antes que los primeros escorpiones terrestres, que surgieron en el Carbonífero. Algunos zoólogos sostienen que los arácnidos constituyen un conjunto polifilético de especies que surgieron a partir de diferentes quelicerados acuáticos ancestrales.

2.4.1. Anatomía externa.

En los arácnidos podemos distinguir el prosoma, no segmentado, está cubierto dorsalmente por un sólido caparazón dorsal. El abdomen primitivo está segmentado y dividido en preabdomen y postabdomen.

Los apéndices comunes a todos los arácnidos están relacionados con el prosoma y son un par de quelíceros, un par de pedipalpos y cuatro pares de patas. Los quelíceros se utilizan para comer, pero los pedipalpos realizan distintas funciones y están diversamente modificados.



Tienen varios apéndices muy característicos: adelante los quelíceros que terminan en una uña aguda por donde inoculan la ponzoña. Le siguen los palpos o pedipalpos, que usan para manipular la presa, para palpar el suelo e incluso para trepar. El extremo de estos palpos es importante para nosotros. Si el extremo es fino, el animal será una hembra o un juvenil; si está engrosado será un macho, ya que allí se encuentra el órgano copulador llamado bulbo.

Después tenemos los cuatro pares de patas locomotoras. En el extremo final del abdomen podemos ver unos apéndices más chicos que son las hileras o hilanderas, que tienen las glándulas que segregan la seda o tela de araña.

Saber diferenciar juveniles, machos y hembras nos permitirá comprender mejor cómo es la vida de una araña. Los machos viven menos tiempo que las hembras y son generalmente más chicos, a veces mucho más chicos). Son flacos y de patas largas, mientras que las hembras nos parecen más robustas y con el abdomen mucho más gordo.

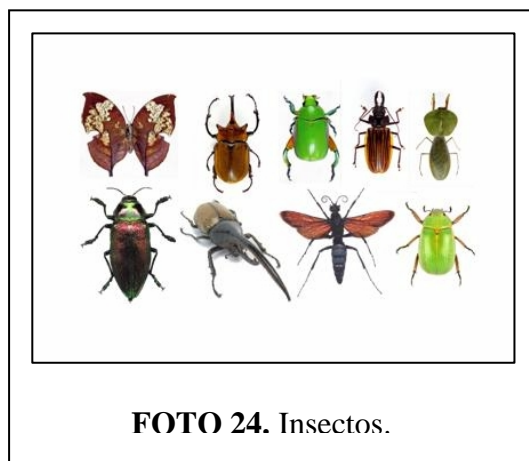
Muchas hembras tienen una placa dura en el vientre, el epigino u órgano sexual externo que indica su madurez. Una vez copuladas, estas hembras pondrán muchos huevos dentro de distintos tipos de saquitos de seda (ootecas), de los cuales a cierto tiempo saldrán arañitas.

En las licosas, las madres transportan la ooteca colgando de las hileras. Cuando las arañitas salen de la ooteca se trepan sobre la madre, que las transporta hasta su dispersión.

2.5. Insectos.

La evaluación de la calidad del ambiente, en particular de las comunidades acuáticas, ha sido por tradición, desarrollada con base en métodos soportados por mediciones y determinaciones de las características físicas y químicas del agua. Cuando se trata de estimar o determinar la calidad ambiental en general, son aplicados los procedimientos físico-químicos clásicos para denotar el grado de calidad o afectación del parámetro estudiado.

Un ejemplo es la calidad del agua para consumo humano, la cual puede considerar, en el caso de metales pesados, la concentración de los mismos para



definir si es "buena o mala", tal es el caso del plomo, metal que, si rebasa la concentración de 0.003 partes por millón no es recomendable que se consuma.

Sin embargo, la inclusión de la respuesta de los organismos en distintas escalas, desde biomarcadores hasta comunidades, es ahora una alternativa y un complemento en la evaluación de la calidad del ambiente. Una de las premisas más importantes de la bioevaluación o biomonitoreo es la de que los esquemas físico-químicos nos son capaces de detectar los daños en las comunidades biológicas. La bioevaluación o biomonitoreo puede revelar impactos o efectos futuros y presentes que están enmascarados, tales como nuevas sustancias tóxicas que han ingresado al ambiente o posibles cambios en las propiedades físicas. Otra ventaja es que pueden ser estudiados los cambios o alteraciones a largo plazo sobre el ecosistema. Por estas razones es importante incorporar, a los métodos de evaluación de la calidad ambiental y de la integridad de los ecosistemas, mecanismos como los indicadores biológicos que complementen a los métodos tradicionales.

2.6. Miriápodos.

Cuando hablamos de miriápodos nos estamos refiriendo a un grupo de artrópodos que incluyen a los ciempiés y a los milpiés. El cuerpo de los miriápodos es largo y esta compuesto por segmentos, con no menos de 200 pares de patas.

Los miriápodos deben vivir en lugares oscuros y húmedos ya que su cuerpo se seca con mucha facilidad.

Los milpiés tienen patas cortas pero fuertes que les sirven para abrirse paso entre las hojas secas y el suelo. La gran parte de ellos se alimenta con materiales que provienen de las plantas y mastican con sus fuertes y vigorosas mandíbulas.

Los ciempiés, por su parte, son depredadores carnívoros. La gran parte de ellos tienen patas más largas que los milpiés, y se caracterizan por correr a toda velocidad detrás de su presa. Usan las grandes 'garras venenosas' que se encuentran sobre sus cabezas, para capturar y paralizar a la presa antes de comérsela.

Los milpiés tienen cuatro patas en cada segmento del cuerpo. Los varios grupos de patas se mueven coordinadamente como si fueran una ola.



FOTO 25. Ciempiés.

Los ciempiés tienen dos patas en cada segmento de su cuerpo. Se mueven rápidamente ayudados de sus largas patas que se extienden hacia fuera. Sus cuerpos se van ondulando de un lado a otro a medida que se van desplazando.

Algunas especies de ciempiés tienen patas traseras espinosas que usan para defenderse, otras especies se trasladan en forma más lenta pero son venenosas si se las come. Estos ejemplares son por lo general de colores brillantes, lo que implica una advertencia para sus depredadores.