

LABORATORIO: DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Por: T. Machado C. (1)

INTRODUCCION

El estudio de las acciones recíprocas entre los organismos y su medio ambiente constituyen la ciencia de la ecología. Todos los organismos vivos que habitan cierta área forman la comunidad biótica. El ecosistema abarca los organismos de esa área determinada más el ambiente físico (componente abiótico) con el cual los organismos interactúan. Un flujo permanente de energía conduce a una estructura trófica, una diversidad biótica y un intercambio de materiales entre las partes vivas y las inertes.

Desde el punto de vista trófico (nutrición), un ecosistema tiene dos componentes a saber: un componente autotrófico (que se nutre a sí mismo) en el que la energía lumínica es capturada ó "fijada" y usada para formar sustancias orgánicas complejas, y un componente heterotrófico (que es alimentado por otros) en el que predominan el empleo, la transformación y la descomposición de la materia orgánica.

Según Odum (1972) al describirse un ecosistema hay que reconocer los siguientes componentes:

- 1o. Sustancias inorgánicas, que intervienen en los ciclos de la materia.
- 2o. Compuestos orgánicos, que son sintetizados por la fase biótica.
- 3o. Régimen climático.
- 4o. Productores en gran parte las plantas verdes y el fitoplancton.
- 5o. Consumidores u organismos que ingieren otros animales ó materia orgánica.
- 6o. Desintegradores ó descomponedores, principalmente bacterias y hongos, que desintegran los compuestos

complejos en sustancias simples susceptibles de ser utilizadas por los productores.

La interacción entre las partes vivas e inertes, es lo que determina la formación de una comunidad característica. Por lo tanto, la comunidad biótica es una reunión de poblaciones que vive en un área determinada ó en un hábitat físico determinado. El concepto de comunidad es importante en la práctica de la ecología, porque, "según la comunidad va el organismo", (Odum, 1972). El conjunto de los organismos de la comunidad es lo que se denomina *estructura de la comunidad*. Las comunidades naturales se caracterizan por tener muchas especies pero pocos individuos por especie ó pocas especies pero muchos individuos por especie.

Uno de los métodos más simples de análisis de la estructura de la comunidad es el "índice de diversidad" que refleja no sólo la distribución de las especies, sino también las interacciones de cada una con el resto en la comunidad. La comunidad por lo tanto, no se caracteriza solamente por las especies que las forman, sino por la importancia relativa de cada una de esas especies de la comunidad.

La diversidad biológica, por lo tanto, se refiere al número y a las diferentes clases de organismos presentes en un hábitat determinado. Si en un área determinada hay muchas clases de organismos, se dice que el área tiene una alta diversidad, si hay pocas clases de organismos se dice que el área tiene una baja diversidad. En términos generales, la diversidad aumenta a medida que nos acercamos al trópico, ó sea a medida que la latitud disminuye, igual cosa sucede a medida que descendemos en altura.

El "índice de diversidad" es una expresión matemática que refleja no sólo el número de organismos presentes, sino también las diferentes clases de organismos en un hábitat determinado. Con esta medida se puede comparar la diversidad biológica de diferentes hábitats acuáticos. La obtención del

(1) Profesor Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, S.A.

índice no requiere conocimientos de taxonomía. Con este método se pueden medir los índices de diversidad de animales microscópicos, macroscópicos, plantas y algas. En el presente experimento, sólo mediremos los índices de diversidad para *invertebrados acuáticos*, ya que ellos constituyen buenos indicadores biológicos de la calidad del agua, (ver indicadores biológicos en esta misma sección).

MATERIALES Y METODOS

Frascos pequeños (de drogas u otros) de capacidad de 10 a 50 cc.

Alcohol al 70o/o

Pinzas de punta fina

Lupas ó estereomicroscopios

Cernidores de malla metálica de apertura de 1 a 2 mm.

Palas

Cajas de petri ó bandejas ó cubetas

Lápiz ó marcador.

PROCEDIMIENTO

I. Análisis de campo

Coleccione los organismos bentónicos (aquellos que viven en el fondo) usando la siguiente técnica:

- a. Si el medio acuático es léntico (lagos ó zonas de charcos), tome una muestra que contenga lodo, piedras, arena, etc, del fondo y deposítela en un cernidor. Luego introduzca la muestra en el

agua hasta la mitad del cernidor y agítelo hasta limpiarla. Con una pinza de punta fina tome los organismos del cernidor e introdúzcalo en los frascos con alcohol al 70o/o. Marque los frascos indicando la fecha y localidad.

- b. Si el medio acuático es lótico (zona de rabilones ó de rápidos en los ríos) los organismos bentónicos generalmente viven debajo de las piedras, troncos, hojas ó enterrados en el fondo. Levante las piedras y tome los troncos u hojas y con una pinza recolecte los organismos y colóquelos en los frascos con alcohol al 70o/o. Tome material del fondo y proceda como en el numeral anterior. Es importante que se recolecte el mayor número posible de organismos con el fin de que los resultados sean más representativos.

II. Análisis de Laboratorio

- 1o. Con un lápiz marca vidrio ó marcador, dibuje líneas paralelas de 1 cm de intervalo en la parte inferior de una caja de petri, bandeja ó cubeta.
- 2o. Vierta suavemente las muestras recolectadas en los frascos de la primer área muestreada.
- 3o. Para el conteo, disperse los organismos con un estilete ó aguja, teniendo cuidado de que en cada línea quede un sólo organismo y agrúpelos por semejanzas morfológicas.
- 4o. Usted no necesita identificar los organismos; solamente compare cada uno con el anterior y diga si son iguales o diferentes morfológicamente. Para ello utilice la lupa ó estereomicroscopio. Ej: Supongamos que la primera línea de organismos en su recipiente se asemeja a la siguiente secuencia (Fig 1):

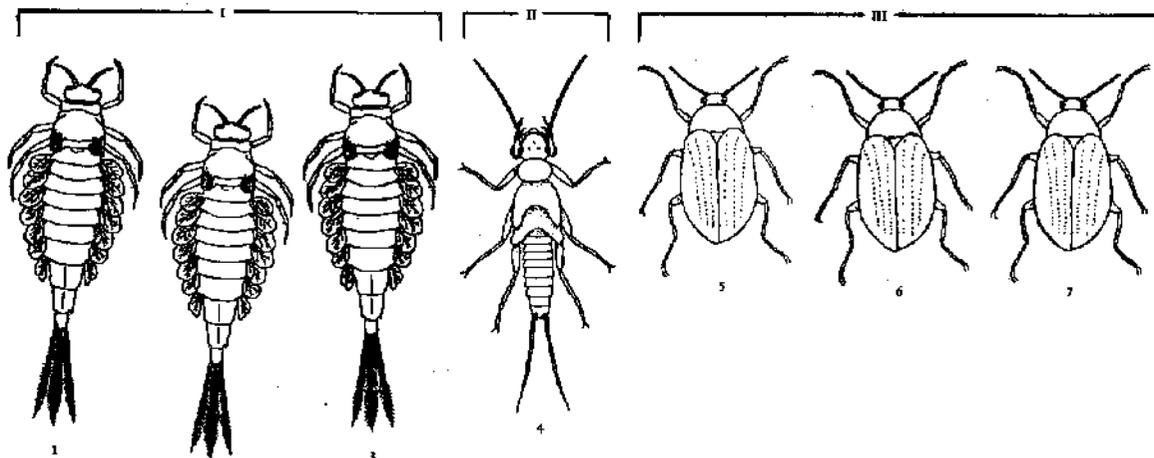


Figura 1. Algunos invertebrados acuáticos organizados en grupos (I,II,III) de acuerdo con sus semejanzas morfológicas. (De izquierda a derecha: 1,2 y 3, efemerópteros; 4, plecópteros; 5,6 y 7, coleópteros).

El organismo 1 aparenta ser el mismo que el 3, es decir, están en el mismo nivel. El organismo 5 es diferente del 4 y es miembro de un tercer nivel; el organismo 6 aparenta ser el mismo que el 5 y diferente del 1,2,3. El organismo 4 es diferente a todos y es miembro del segundo nivel.

Por lo tanto, tenemos tres grupos distintos de representantes, así: el grupo I es totalmente diferente del II y del III, y éste diferente del II. Una forma fácil de registrar el conteo de los organismos, es designar el primero con una *x*. Si el organismo siguiente se parece al anterior, marque otra *x*; sino se parece marque un *o*. Continúe el mismo procedimiento con los demás organismos, siempre comparando con el inmediatamente anterior. Si es el mismo, marque la misma letra (*x* ó *o*), si es diferente marque con la otra letra. Así, mirando el ejemplo dado en la figura 1, tendríamos:

Grupo I	Grupo II	Grupo III
<i>x x x</i>	<i>o</i>	<i>x x x</i>

El número de grupos, estará pues, representado por el número de los grupos de (*x* s) y (*o* s) alterados.

El "índice de diversidad" se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Diversidad (ID)} = \frac{\text{No de grupos diferentes}}{\text{No. total de individuos}^*}$$

Para nuestro ejemplo, los cálculos serían:

$$ID = \frac{3}{7}$$

$$ID = 0.43$$

Veamos otro ejemplo: supongamos que los organismos en su recipiente se asemejan a lo siguiente:

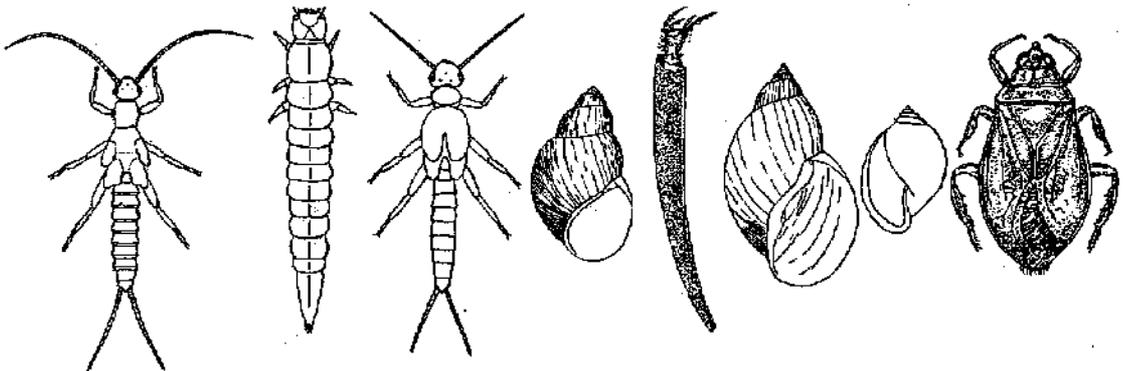


Figura 2. Algunos representantes de invertebrados acuáticos que ilustran el ejemplo anterior. (Tomado de Pennak, 1953).

* Suma del total de individuos recolectados por todo el grupo por área muestreada.

¿Cuántos grupos diferentes de organismos hay?

¿Cuál es el índice de diversidad para el 2o. ejemplo?

Usted puede observar que algunos organismos fueron muy numerosos, mientras que otros estuvieron representados únicamente por unos pocos individuos. Es decir, algunas especies fueron muy abundantes, biológicamente llamadas especies dominantes.

Repita el procedimiento de los numerales 3 y 4 para las demás muestras.

DISCUSION

Supongamos que usted obtuvo una muestra de insectos acuáticos y que cada una contiene 5 clases de organismos. En una muestra hay 5 individuos de cada clase de organismos, en otra hay 21 individuos de una sola clase y un solo individuo de otra clase.

- 1o. ¿Cuál muestra representa más diversidad?
- 2o. Si todos los individuos encontrados pertenecían al grupo de plecópteros, efemerópteros, tricópteros, o sonatos, coleópteros, ¿qué puede usted concluir acerca de ese ecosistema?
- 3o. ¿Cuál es el índice de diversidad para el ejemplo anterior?
- 4o. ¿Dónde esperaría encontrar usted un índice de diversidad más alto, en un río, en la parte alta, ó en la parte media? .

¿En un río no contaminado ó en un río contaminado? De una explicación razonable a su respuesta.

INFORMACION ADICIONAL

Otros Métodos para medir I D

Hacia los años 30, se manifestó un gran interés por la diversidad y por las expresiones matemáticas de las misma. La ecuación más universalmente aceptada para calcular los índices de diversidad y que además, tiene la ventaja de ser independiente del tamaño de la muestra es la propuesta por Margalef.

$$\bar{d} = - \sum \left(\frac{n_i}{n} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right)$$

Donde:

d = diversidad

n_i = número de individuos por especie

n = número total de individuos

Si pasamos a logaritmos en base 10 (\log_{10}) tenemos:

$$\bar{d} = - \sum \left(\frac{n_i}{n} \right) \frac{\log_{10} \left(\frac{n_i}{n} \right)}{\log_{10} 2}$$

Tomemos el siguiente ejemplo:

Supongamos que un muestreo hecho en una laguna se encontraron los siguientes organismos: 50 anélidos de la misma especie y 10 caracoles, también de la misma especie. ó sea:

$$n_1 = 50$$

$$n_2 = 10$$

$$n = 60$$

Reemplazando, tenemos:

$$\bar{d} = - \sum \left(\frac{50}{60} \right) \frac{\log_{10} \left(\frac{50}{60} \right)}{\log_{10} 2} - \left(\frac{10}{60} \right) \frac{\log_{10} \left(\frac{10}{60} \right)}{\log_{10} 2}$$

Usando logaritmos, nos queda:

$$\bar{d} = -0.83 \left(\frac{1.92065}{0.30103} \right) - 0.16 \left(\frac{1.20412}{0.30103} \right)$$

Haciendo las operaciones tenemos que:

$$\bar{d} = 0.64$$

Aplicando este principio a la contaminación de las aguas, tenemos que los valores máximos encontrados para d es de

5 y los mínimos de 0. Valores menores de 1 son propios de aguas contaminadas, entre 1 y 3 moderadamente contaminadas y mayores de 3, de aguas claras. Existe una diversidad "mínima" si todos los individuos pertenecen a la misma especie y una diversidad "máxima" si cada individuo pertenece a una especie diferente. Se comprende, entonces, que una diversidad alta, puede considerarse como indicio de condiciones próximas al equilibrio.

Algunas Cifras de diversidad

La expresión para calcular un valor cuantitativo de la diversidad, pueden aplicarse a cualquier censo razonablemente completo que se refiera a las especies que coexisten en un ecosistema. La diversidad es un interesante parámetro del conjunto del ecosistema. Los datos acumulados permiten dos generalizaciones muy importantes: a- La diversidad es baja en comunidades transitorias, explotadas ó bajo condiciones ambientales muy fluctuantes b- Los valores máximos raramente son mayores que 5. La diversidad es una medida logarítmica que tiene, hasta cierto punto, carácter asintótico, lo que hace que sea un índice poco sensible en el rango de valores que se aproximan a su límite superior.

El fitoplancton tiene una diversidad muy por debajo de 1, en los lagos muy eutróficos; hasta el máximo de 5 en lagos oligotróficos y distróficos; en el mar suele ser entre 1 y 2,5 en la costa, bajo en los estuarios y en el mar abierto entre 3,5 y 4,5.

En el Zooplancton en los lagos la diversidad más frecuente está entre 1,5 y 4. Los límites bajo condiciones climáticas rigurosas son 1,5 y 2,5. En general, la diversidad es inversamente proporcional a la productividad de los lagos.

En los ríos la diversidad es menor que en los lagos y aumenta en general aguas abajo. La contaminación del agua determina un descenso de la diversidad. Por lo tanto, la diversidad y sus variaciones son un excelente indicador de contaminación. Cuando un curso de agua se recupera, su diversidad aumenta. En cuanto a ecosistemas terrestres tropicales la diversidad es más alta que en zonas templadas. En general, en la vegetación superior, la diversidad aumenta hacia el clímax ó al pasar de condiciones extremas a condiciones óptimas en regiones templadas ó tropicales.

Se puede también hablar de diversidad química ó sea la diversidad en la representación de los distintos elementos en la corteza terrestre, de especies químicas en la materia orgánica disuelta en el agua, de ácidos grasos en las reservas lipídicas de los organismos y de pigmentos en los cromatóforos de los vegetales.

INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Gaufin y Tarzwell (1952) y Wilnm y Dorris (1968), propusieron el estudio de las comunidades bénticas de macroin-

vertebrados como indicadores biológicos del efecto que la contaminación trae sobre las comunidades acuáticas.

Los indicadores biológicos constituyen ante todo un indicador cualitativo de la calidad del agua, pero es necesario tener en cuenta que su sola presencia no basta para tomar conclusiones. Hay que tener en cuenta su abundancia relativa, la calidad del sustrato, los ciclos de vida, los fondos rocosos y de rápido movimiento, los hechos arenosos y lentos y el complejo de asociación de ellos. Por ejemplo, la presencia del *Tubifex* (Fig 5) usualmente asociado con aguas contaminadas puede ser encontrado en aguas limpias; lo que indica que no necesariamente puede ser usado como indicador biológico de contaminación.

La ausencia de organismos indicadores de aguas claras, no demuestra que pueden ser tomados definitivamente como indicadores de contaminación. Para el uso de los invertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua debemos tener en cuenta: 1o. En las zonas contaminadas de un río presentan muchos organismos y pocas especies (Roldán y Col, 1973). Generalmente son organismos que se han

adaptado a bajos requerimientos de oxígeno ó tienen adaptaciones especiales para obtenerlo. Por esta razón, las poblaciones son altas. Si cambian las condiciones, el medio ya no les es favorable y por lo tanto, migran ó son destruídas. 2o. La ausencia ó mucha reducción del número de especies propias de aguas claras, es un buen indicador para evaluar el grado de contaminación. 3o. La composición cuantitativa y cualitativa de poblaciones acuáticas, constituye un índice para determinar las zonas de contaminación. 4o. La presencia de una sola especie no es un indicador suficiente para hablar de la calidad del agua, hay que tener en cuenta su abundancia relativa.

En términos generales, podemos decir que la presencia de grupos taxonómicos tales como efemeróteros, tricópteros, plecópteros, odonatos, algunos dípteros y coleópteros, son propios de aguas claras. (Fig. 3). Algunos dípteros (*Chironomus*), moluscos y anélidos (sanguijuelas) son propios de aguas moderadamente contaminadas (Fig. 4).

El grupo de Annelida (*Tubifex*) constituye el indicador del máximo estado de contaminación orgánica (Fig. 5).

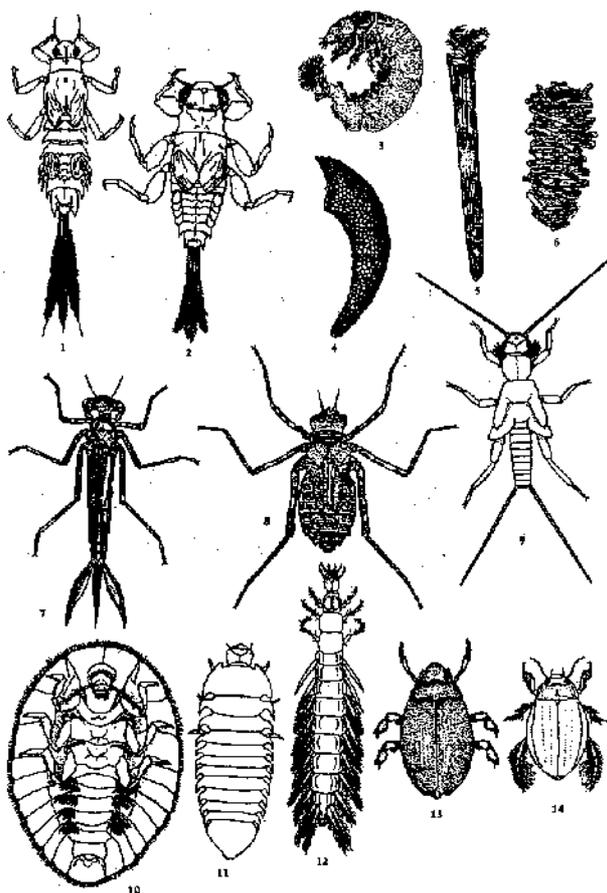


Figura 3. Algunos organismos propios de aguas claras: Efemerópteros (1, 2); tricópteros (3, 4, 5 y 6); odonatos (7, 8); plecópteros (9); coleópteros (10-14). (Tomado de Pennak, 1953).

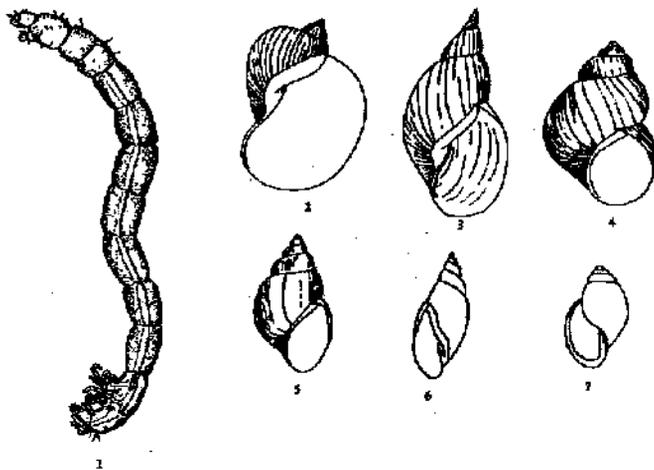


Figura 4. Algunos organismos indicadores de aguas moderadamente contaminadas con materia orgánica: *Chironomus* (diptero) (1); moluscos (2-7). (Tomado de Pennak, 1953).

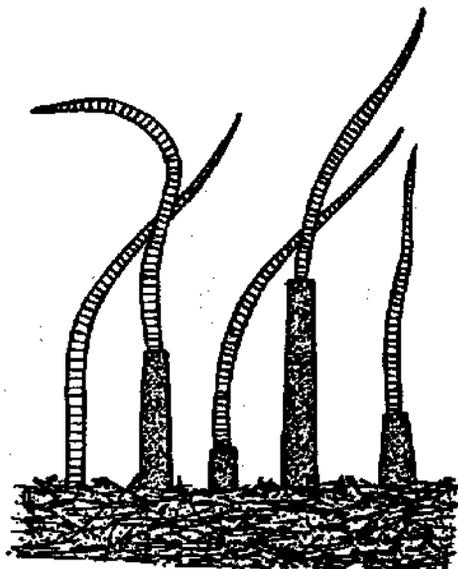


Figura 5. *Tubifex*, anelido acuático indicador del máximo estado de contaminación orgánica. (Tomado de Pennak, 1953).

BIBLIOGRAFIA

Gaufin, A.R. "Use of Aquatic invertebrates in the Assessment of Water quality" *American Society for Testing and Materials*. Philadelphia P.A. 19103 - 1973.

Margaleff, R. *Ecología* Ediciones Omega S.A. Casanova 220 Barcelona 1974.

Odum, P.E. *Ecología* Edit Interamericana, S.A. 3a. Edición 1972.

Pennak, W. *Fresh Water Invertebrates of the United States*. The Ronal Press Company, New York 1953.

Roldán, y Col. "Efectos de la contaminación Industrial y Doméstica sobre la Fauna Béntica del río Medellín". *Act. Biol.* Vol. 2 (5): 54 - 64, Julio-Sept. 1973.

Roldán, *Parámetros Biológicos en el Establecimiento de Criterios para la Calidad del Agua*. (Ponencia presentada en el 2o. Seminario Nacional de Piscicultura), Cartagena 1974.

Ronal, I "Estimating Differences in Biological Diversity" Investigating your Enviroment" *BSCS Newsletter* No .59 pp 7 - 10 April 1975.