

LOS INVERTEBRADOS ACUATICOS COMO INDICADORES ECOLOGICOS (1)

Por: G. Roldán (2)

INTRODUCCION

Muchos descubrimientos han hecho furor en la historia del desarrollo de los conceptos biológicos. Darwin, con su teoría sobre la evolución de las especies, causó un gran revuelo a mediados del siglo pasado. Mendel, al descubrir las leyes de la herencia, dio un vuelco total a las teorías entonces existentes sobre la transmisión de caracteres hereditarios. Muchos otros adelantos científicos en el campo de la bioquímica, la fisiología, el comportamiento, la adaptación, etc. han acaparado igualmente la atención del hombre en épocas diferentes. Pero ninguna más que la ecología ha causado un impacto tan tremendo en todas las sociedades. La prensa, la radio, la televisión, el cine y demás medios de comunicación han prestado especial atención a este tema. Y es que la ecología ha comunicado a la humanidad un dramático mensaje acerca del inminente peligro en que se encuentra la vida sobre la tierra por los efectos de la contaminación ambiental y la destrucción acelerada de los recursos naturales.

El presente estudio pretende, pues, demostrar, mediante sencillos trabajos de campo y de laboratorio, cómo el estudiante puede descubrir por su propia cuenta las bases en que se fundamenta la débil pero complicada trama de la vida.

Significado del Término "Ecología".

Etimológicamente "ecología" quiere decir estudio del lugar donde se vive (del griego: *Oikos* = casa o lugar). En un sentido literal, la ecología es la ciencia o el estudio de los organismos "en su casa", ésto es, en su me-

dio. Por lo general, se define ecología como el estudio de las relaciones de los organismos o grupos de organismos con su medio, o la ciencia de las relaciones que ligan los organismos vivos con su medio.

Por desgracia, los aspectos ecológicos de la biología se han omitido en la escuela secundaria. Es tan importante saber cómo funcionan las comunidades biológicas como conocer el funcionamiento de nuestro propio cuerpo. Los problemas creados por una población humana cada día creciente, por la inadecuada explotación de los recursos naturales, por la contaminación del ambiente y otros problemas similares son, en último término, problemas ecológicos. Es, por lo tanto, no sólo conveniente sino urgente que desde la escuela secundaria el estudiante comprenda los principios que rigen la estabilidad y armonía del medio ambiente para que, aún cuando como simple ciudadano, ayude a la preservación y utilización racional del mismo.

Conceptos Ecológicos Básicos.

Partiendo de la base de que la biología toma al organismo individual como unidad primera de estudio, debemos orientar nuestros esfuerzos para averiguar dónde viven estos individuos, cómo se organizan en poblaciones, especies y comunidades, y qué es lo que hacen y cómo lo hacen.

Ecosistemas.

La comunidad biótica (seres vivos) es un sistema de relaciones ecológicas entre los organismos. Pero cada comunidad biótica existe en un medio ambiente abiótico (elementos inertes). No podemos estudiar las relaciones entre los orga-

(1) Propuesta de un laboratorio modelo presentado en la Segunda Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de la Biología, Asunción, Paraguay. Julio de 1972.

(2) Profesor Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

nismos en una comunidad sin prestar atención al medio en que viven. Esta interdependencia entre los seres vivos y el medio que los rodea es lo que constituye un sistema ecológico o ecosistema. Un ecosistema está formado, pues, por cuatro elementos, a saber:

1. Productores, son las plantas verdes, algas y demás organismos capaces de producir su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas.
2. Consumidores, son los animales que se alimentan de plantas u otros animales.
3. Desintegradores, principalmente bacterias y hongos, encargados de mineralizar la materia orgánica y devolver sus componentes al medio ambiente.
4. Sustancias abióticas e inertes, o sea, los compuestos orgánicos e inorgánicos propios del medio ambiente.

Pongamos un ejemplo: Un río es un ecosistema, en el cual los *productores* son las plantas acuáticas y algas; los *consumidores* son las larvas de insectos, gusanos, peces y todo organismo que se alimenta de otros animales; los *desintegradores* son los hongos y las bacterias que se encargan de descomponer la materia orgánica proveniente de residuos vegetales y animales, y las *sustancias abióticas* son los compuestos de nitrógeno y fósforo (principalmente), el oxígeno disuelto, el gas carbónico y demás elementos que, de acuerdo con sus proporciones, hacen posible o no la vida en el agua.

Individuos y Poblaciones.

Los organismos no viven solos; por el contrario, se agrupan para formar poblaciones, las cuales poseen ciertas características de densidad, natalidad, mortalidad, dispersión y otras. En las poblaciones naturales, muchos controles (depredadores, alimento, enfermedades, etc.) impiden que las poblaciones crezcan indefinidamente. Cuando estos controles se eliminan, una especie predomina, muchas veces con consecuencias funestas para ella misma y para el ecosistema. Esto nos lleva a la idea de que la estabilidad de un ecosistema está en gran parte ligada a la diversidad de organismos que en él viven. Es un hecho comprobado que en regiones donde las condiciones son más extremas hay menos diversidad de individuos con predominio por lo regular de una especie.

Ciertas especies pueden servir al hombre como indicadores ecológicos para determinar con cierto grado de exactitud la clase y calidad de un medio ambiente determinado.

Biomás Terrestres.

Diferentes tipos de vegetación caracterizan los distintos tipos de climas. Así, por ejemplo, un clima seco y caliente se asocia con los desiertos; un clima húmedo y cálido con bosques tropicales, etc.. Un tipo de asociación de éstas es

pues un ecosistema a gran escala al que llamamos *bioma*. A grandes rasgos, los principales biomas conocidos son la taiga, la tundra, los desiertos, bosques y praderas de zonas templadas y los desiertos, los bosques y las sabanas tropicales. Cada una de estas zonas de vida tienen una flora y una fauna características. Mediante el análisis de sus organismos, se puede decir en qué estado se encuentran estas asociaciones de vida.

Ecosistemas Acuáticos.

Al igual que en la tierra, los ecosistemas acuáticos están formados por productores, consumidores y desintegradores. Sólo que aquí estos componentes bióticos son diferentes. Ya no son los productores los grandes árboles, sino microscópicos organismos llamados algas. Y los consumidores, ya no están representados por grandes mamíferos, sino principalmente por un gran número de invertebrados y peces.

Así como los biomas terrestres están limitados por factores climáticos, así también los ecosistemas acuáticos lo están por otros factores, tales como temperatura, oxígeno, dióxido de carbono, sales minerales, etc. que hacen que en una zona acuática determinada aparezca una flora y una fauna características.

A título de ejemplo diremos que la flora y la fauna de un lago, de un río y del mar son completamente distintas entre sí.

Para el presente estudio se ha seleccionado un río. Casi toda ciudad o población tiene uno cerca y son precisamente sus desechos domésticos e industriales los que se encargan de alterar las condiciones de vida en los mismos. Es interesante y fácil de demostrar cómo la acción del hombre modifica radicalmente un ecosistema.

El método que se utiliza es el estudio de los invertebrados acuáticos. Algunos de los más comunes son larvas de insectos, caracoles, crustáceos, anélidos, planarias, etc. y demás organismos que, por sus características especiales, permanecen adheridos a las rocas o enterrados en el fondo. Estos organismos son los mejores indicadores de hasta qué grado ha afectado la contaminación la estructura de las comunidades acuáticas, ya que permanecen en el mismo sitio soportando las variaciones a lo largo del tiempo. Los organismos móviles pueden emigrar perfectamente ante circunstancias desfavorables o morir y ser arrastrados por la corriente. Lo mismo se puede decir de los protozoos, las bacterias y sustancias químicas, los cuales son arrastrados por la corriente, siendo sólo indicadores temporales de contaminación, porque por sí solos no son suficientes para demostrar la situación real del ecosistema.

METODOLOGIA

El Tema en General.

Tradicionalmente la biología en la escuela secundaria ha significado para el estudiante un conjunto de información

relacionada con nombres de animales y plantas; músculos y huesos de animales; descripciones detalladas de órganos; colecciones "estáticas" de hojas, raíces, pequeñas plantas, insectos, gusanos, caracoles; listas interminables de nombres técnicos y científicos que, para el colmo del mismo estudiante, se le dan en un lenguaje desconocido para él. Todo esto forma un conjunto desesperante de hechos que, como dogmas, hay que aprenderlos de memoria, so pena de una mala calificación. El estudiante no participa en clase, simplemente oye, y para el profesor el mejor es aquél que más detalles ha logrado memorizar.

El rápido avance de la ciencia en los últimos años ha hecho que tanto los profesores como los estudiantes se sientan descontentos con una ciencia meramente informativa, que no ofrece ningún aspecto formativo para el individuo.

Todos estos hechos motivaron en 1959 a un grupo de biólogos norteamericanos y latinoamericanos a revisar los "currícula" de biología que se venían enseñando en la escuela secundaria. Nació así el ya ampliamente conocido BSCS (Biological Science Curriculum Study) que inspiró a la Primera Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de la Biología (CIEB), llevada a cabo en San José, Costa Rica, en julio de 1963.

Basados en lo anterior y teniendo en cuenta que el estudiante, como ser vivo que es, debe conocer ante todo el mundo que lo rodea y las leyes que lo gobiernan, se ha creído conveniente y necesario que un curso de biología a nivel de secundaria debe ser altamente ecológico, no sólo por el conocimiento en sí, sino por ser una de las formas más atractivas de introducir al estudiante en el método científico a través de la observación directa de la naturaleza.

El Tema como Unidad Independiente de Trabajo.

Ya hemos visto cómo la ecología se ocupa del estudio del ser vivo y del medio ambiente que lo rodea. En la misma forma en que estudiamos la vida en un bosque o en un desierto y los factores bióticos y abióticos que la determinan, así también podemos estudiarla en el agua como una unidad ecológica, en la cual interactúan los cuatro componentes básicos de todo ecosistema en general, a saber: productores, consumidores, desintegradores y sustancias inertes.

En vista de que los ecosistemas acuáticos presentan límites más definidos que los terrestres, se convierten en unidades de trabajo relativamente simples de manejar. Cualquier escuela tiene, más o menos cerca, un río o riachuelo, una laguna o una charca. Si se considera, por ejemplo, una laguna, ya de por sí el estudiante adquiere una idea concreta de lo que es un ecosistema. En ella se pueden hacer mediciones de tipo físico: temperatura, color, turbiedad; de tipo químico: oxígeno disuelto, dióxido de carbono, nitratos, fosfatos, pH, etc., y de tipo biológico: averiguar, por ejemplo, qué organismos componen el fitoplancton, qué especies predominan y qué fenómenos de sucesión se presentan en las poblaciones.

Como unidad independiente de trabajo es la mejor forma de introducir al estudiante en el problema de la contaminación acuática y al mismo tiempo hacer que éste aprecie el gran potencial que los ecosistemas acuáticos representan para el hombre y la necesidad de su uso racional e inteligente.

Diversas Formas de Planteamiento del Problema

El tema puede presentarse de varias maneras:

Positivamente: Consistiría en el simple estudio de las comunidades naturales, averiguando qué tipo de organismos se encuentran, con qué factores fisicoquímicos están relacionados, cuáles serían las posibles cadenas alimenticias allí existentes y qué importancia económica tienen para el hombre.

Negativamente: Consistiría en el estudio de una zona acuática contaminada, determinando qué tipo de organismos viven asociados allí y qué propiedades fisicoquímicas caracterizan este medio particular.

Comparativamente: Parece lo más lógico y conveniente que ninguno de los dos aspectos anteriormente mencionados se trate aisladamente. El uno complementa al otro, y sólo mediante comparación el estudiante puede encontrarle sentido a un estudio de esta naturaleza.

En consecuencia, se debe, por ejemplo, estudiar el río en una zona que aún no ha recibido aguas negras o industriales y luego proceder a hacer idénticas mediciones en zonas de alta contaminación. Por comparación de los datos obtenidos, el estudiante llega a conclusiones, no sólo de valor científico en cuanto al proceso de aprendizaje se refiere, sino que también de una utilidad práctica. El mismo trabajo, también puede hacerse por comparación entre una laguna contaminada y otra que no lo está.

Actividades Relacionadas que Conviene Empezar.

La forma lógica de hacer este trabajo es visitando directamente la zona y haciendo que los estudiantes realicen en ella las distintas mediciones recomendadas.

En el caso de que las pruebas fisicoquímicas no puedan realizarse por falta de elementos o equipo, no debe eliminarse el trabajo. El solo estudio comparativo de las especies encontradas es de un gran valor y puede llevar al estudiante a idénticas conclusiones.

PRACTICAS DE LABORATORIO

Los Invertebrados Acuáticos como Indicadores Ecológicos.

INTRODUCCION

Casi no se encuentran ya ríos en el mundo que no hayan sido contaminados por la acción del hombre. Un río contaminado es aquél que posee sustancias que tornan sus aguas

anormales en comparación con las aguas naturales. Dicha contaminación se puede atribuir a tres causas principales:

- 1) La introducción de productos de erosión, tales como tierra y barro, como resultado de una explotación minera inadecuada, deforestación y prácticas agrícolas faltas de toda técnica.
- 2) El depósito directo de sustancias tóxicas provenientes de industrias, que envenenan las aguas o hacen inhóspito el medio a los seres que allí habitan.
- 3) El depósito de aguas negras o sustancias industriales, que entran en procesos biológicos que traen como resultado una disminución de oxígeno por debajo del límite de tolerancia de los habitantes originales.

Las comunidades que se encuentran en corrientes turbias y de alta sedimentación poseen por lo general pocas especies, por ejemplo los anélidos, dípteros, moluscos y peces. El desarrollo de tales comunidades depende sin embargo de la tasa de sedimentación y del grado de turbiedad del agua. Bajo condiciones extremas estas comunidades se pueden reducir mucho.

PROPOSITO

Esta investigación busca mediante el estudio de campo y de laboratorio que el alumno conozca y aprenda a manejar el equipo básico de trabajo en ecología acuática, practique los métodos más simples y recientes para detectar la contaminación acuática, identifique en el laboratorio los invertebrados más frecuentes en los lechos de los ríos, compare y relacione mediante gráficos los resultados fisicoquímicos y biológicos obtenidos y formule conclusiones que lo lleven a comprender que la vida en los ríos, lo mismo que en cualquier otro medio terrestre, está sujeta a delicados factores del medio ambiente, que el hombre, por ignorancia, puede variar con funestas consecuencias.

MATERIALES Y EQUIPO

(Para equipos de cinco estudiantes).

Parte A. Biológica

5 pinzas de punta fina.
2 frascos de 40 cc.
Alcohol al 70o/o.
Draga pequeña (o pala).
Cedazo con orificios de 1 ó 2 mm.
Estereomicroscopio o lupa.
Papel para gráficos.

Parte B. Fisicoquímica.

Termómetro.
Frasco con tapón esmerilado de 60 cc.
Matraz Erlenmeyer de 50 cc.

Pipeta de 10 cc.
Probeta graduada de 25 cc.
Hidróxido de sodio N/44.
Fenolftalina incolora.
Reactivos para oxígeno I, II y III.
Oxido de fenilarsénico, PAO.

PROCEDIMIENTO

Parte A. Biológica

Para facilitar el estudio, se divide el río en las siguientes zonas:

1. Zona de aguas claras. Es la que aún no ha recibido ninguna clase de contaminación. Se supone que debe albergar gran variedad de especies.
2. Zona contaminada. Es en donde caen fuentes de aguas industriales. Allí se espera encontrar poca diversidad de especies con elevado número de individuos por especie. Esta zona se puede dividir en subzonas, así: de contaminación reciente, de descomposición activa, y altamente contaminada. Si el tiempo lo permite, se pueden hacer mediciones en cada uno de estos lugares.
3. Zona de recuperación. Es donde comienzan a restablecerse las condiciones originales y, por lo tanto, se espera encontrar de nuevo una buena variedad de especies.

Para obtener datos significativos, se deben estudiar por lo menos las zonas 1 y 2.

En esta primera parte de la práctica el alumno estudiará la estructura de la comunidad biológica del río.

Una vez seleccionado el sitio de muestreo se procede en la siguiente forma: Se comienza a levantar piedras del fondo del río, tanto de la orilla como del centro, y a observarlas con mucho cuidado (la primera condición del método científico es la "observación cuidadosa"). Con la ayuda de las pinzas, se toma todo organismo que se mueva y se deposita en un frasco con alcohol al 70o/o. Hay que tener cuidado de recolectar todos, no importa que sean los mismos. Se repite este mismo procedimiento varias veces hasta obtener una muestra representativa. (Esto toma aproximadamente una hora). Si el fondo del río no es pedregoso, se toma una muestra de lodo, bien sea con la ayuda de una pequeña draga (Ekman o Peterson) o bien con una pala. Se pone el lodo en el cedazo y se lava repetidas veces con la misma agua del río. Si hay organismos, éstos aparecerán moviéndose sobre la rejilla. Como en el caso anterior, se colocan en alcohol al 70o/o.

Luego, en el laboratorio, el alumno observará con cuidado estos organismos al estereomicroscopio o con una lupa. Para su identificación véase la figura 1. Si hubiera algún organismo que no se puede identificar, simplemente désignese con una letra, a, b, c, etc. Lo importante es determinar cuántos organismos diferentes se han hallado.

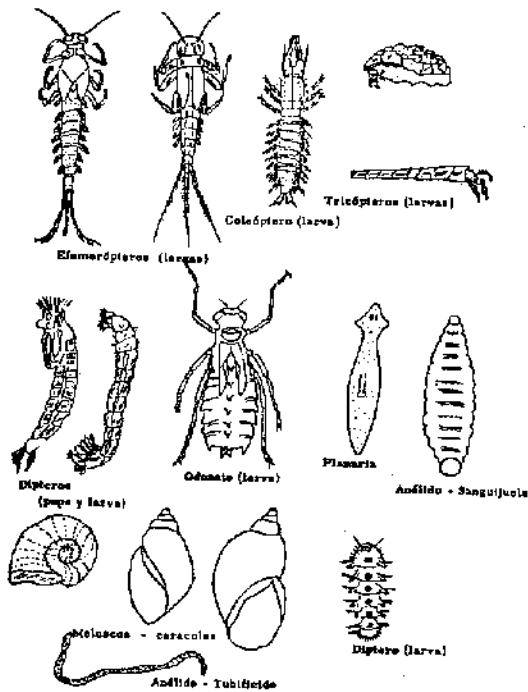
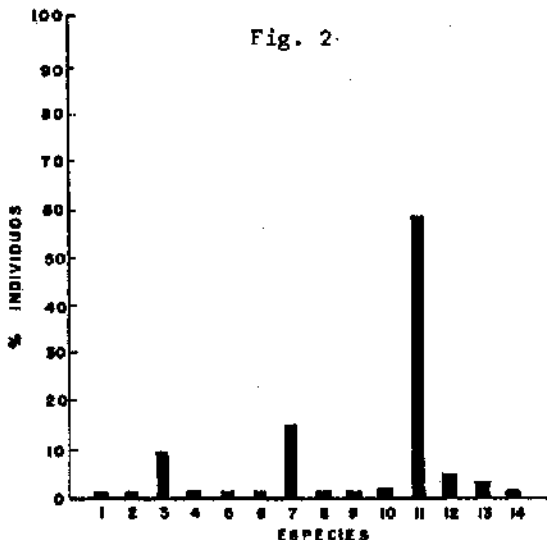


Figura 1.
Algunos invertebrados frecuentes en el fondo de los ríos.

Una vez identificadas todas las especies y el número de individuos por especie colectados en todo el grupo, se representan estos datos en un gráfico, colocando las "especies" en el eje horizontal (abscisa) y el "número de individuos por especie" en el eje vertical (ordenada). Un ejemplo se muestra en la figura 2.



Todo el procedimiento anterior se repite en un sitio contaminado del mismo río y se procede a comparar el gráfico obtenido con el de la Figura 2. ¿Qué diferencias fundamentales hay? ¿Han aparecido o desaparecido nuevas especies? ¿Qué adaptaciones estructurales se aprecia en las especies observadas? ¿Qué especies podrían llamarse "indicadores de contaminación"? ¿Por qué?

Parte B. Físicoquímica.

Se introduce un termómetro en el agua y se anota la temperatura registrada.

Para el análisis de oxígeno se procede en la siguiente forma:

- Con un frasco de 60 cc. se toma una muestra de agua, cuidando de que no quede con burbujas.
- Se añade los contenidos de oxígeno I y II, se agita y se deja reposar. Se agita una vez más y se deja reposar.
- Se añade el contenido de oxígeno III. Se agita. Si hay oxígeno presente, se disolverá el precipitado y aparecerá un color amarillo-yodo.
- Con una pipeta se toma 5,8 cc de la muestra y se deposita en un matraz erlenmeyer.
- Se añade luego óxido de fenilarsénico (PAO) gota a gota y se agita hasta que la muestra se torne incolora. El número de gotas de PAO empleado equivale a los miligramos de oxígeno por litro (mg/l).

Para el análisis del dióxido de carbono se procede como sigue:

- Se toma directamente del río 25 cc de agua en una probeta graduada.
- Se añade una gota de fenolftaleína. Si se forma un color rosado persistente, no hay dióxido de carbono presente. Si no se forma, continúese con el paso c).
- Se añade hidróxido de sodio hasta que aparezca un color rosado que persista por 30 segundos. Los centímetros cúbicos de hidróxido de sodio utilizados se multiplican por 40. El resultado obtenido equivale a los miligramos por litro de dióxido de carbono presente en la muestra.

¿Dónde había más oxígeno? ¿Dónde más dióxido de carbono? ¿Qué relación hay entre los análisis físicoquímicos y los biológicos?

Basándose en los datos obtenidos ¿qué conclusiones se podrían sacar acerca del problema de contaminación acuática que hoy afecta prácticamente a todas las naciones del mundo? ¿Cuál sería la forma de remediar esta situación?

BIBLIOGRAFIA

A. Introducción.

Dowdeswell, W.H. *Animal Ecology*, Harper, Nueva York, N.Y., 209 págs. 1961.

Hynes, H.B.N. *The Biology of Polluted Waters*, Univ. of Liverpool Press, Liverpool, 200 págs. 1960.

Odum, E.P. *Ecología*, Editorial Interamericana, S.A., México, 412 págs. 1969.

Reid, G.K. *Ecology of Inland Waters and Estuaries*, Reinhold, Nueva York, N. Y., 375 págs. 1966.

Ringuelet, P. A. *Ecología Acuática Continental*, Eudeba, Buenos Aires, 138 págs. 1962.

Storer, J. H. *La Trama de la Vida*, Fondo de Cultura Económica, México, 135 págs. 1966.

The Institute of Ecology. *Man in the Living Environment, Report of the Workshop on Global Ecological Problems*, Univ. of Wisconsin Press, 267 págs. 1971.

Universidad de Antioquia. *Biología: El Hombre y su Ambiente*, Editorial Norma, Cali. Vol. I, 360 págs. Vol. II, 296 págs. 1970.

Wilhm, J. L. y Dorris, T. C. *Am. Midland Naturalist*, 76, 427, 1966.

Wilhm, J. L. y Dorris, T. C. *Bioscience*, 18, 477, 1968. Del Ponte, E. y Martínez, F. E. *Biología Moderna*, Guía Didáctica, Angel Estrada y Cía, S.A., Buenos Aires, 21 págs. 1969.

B. Metodología.

Departamento de Asuntos Científicos, OEA. Informe Reunión Técnica: Estudio de los Programas de Enseñanza de Biología de la Escuela Secundaria y Normal y Requerimientos Esenciales del Personal Docente Encargado de la Instrucción, Montevideo, Uruguay, 570-S-8023, 9 págs. 1971.

Departamento de Asuntos Científicos, OEA. Primera Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de la Biología, San José, Costa Rica, 570-S-6783, 104 págs. 1963.

Evelyn, K. *Biology Teacher's Handbook*, Wiley, Nueva York, N. Y. 692 págs. 1970.

Frota-Pessoa, O. *Principios Básicos para la Enseñanza de la Biología (Monografía Científica)* OEA, Washington, D.C. 574-S-7516, 128 págs. 1967.

Frota-Pessoa, O. y colaboradores. *Como Ensinar Ciências*, Companhia Editora Nacional, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 222 págs. 1970.

Glass, B. *BSCS Newsletter*, 37, 1, 1969.

Kolb, H. *Am. Biol Teacher*, 33, 214, 1971.

Krall, F. *Am. Biol Teacher*, 32, 351, 1970.

Schlesinger, W. H. *Am. Biol Teacher*, 33, 211, 1971.

Stapp, W. B. y colaboradores. *Am. Biol Teacher*, 32, 14, 1970.

Universidad de Antioquia. *Biología: El Hombre y su Ambiente*, Editorial Norma, Cali, Vol. I, 360 págs. Vol. II, 296 págs. 1970.