



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

## **GEOLOGÍA AMBIENTAL**

**TEMAS:**

**PRESENTACIÓN**

---

**ING. JUAN SÁNCHEZ PÉREZ  
PALACIO DE MINERÍA  
ABRIL 2000**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**  
Palacio de Minería, México, D. F.

# **G E O L O G Í A**

# **A M B I E N T A L**

# **2 0 0 0**

**Profesores :**

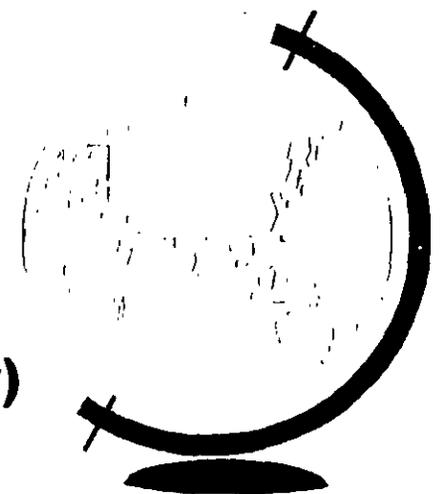
**Dr. Jaime Rueda Gaxiola**

**M.C. Luis Antonio Aguilar P.**

**Ing. Juan Manuel Nieto Calleja**

**Fis. Alfonso Gutiérrez A.**

**Ing. Juan Sánchez Pérez (Coordinador)**



# GEOLOGÍA AMBIENTAL

## 2000

### CONTENIDO

#### PRESENTACIÓN

#### 1) GENERALIDADES

- 1.1 Introducción
- 1.2 Historia y definición
- 1.3 Aspectos filosóficos
- 1.4 Conceptos fundamentales
- 1.5 El ambiente y el cambio global
- 1.6 ¿Que es la Geología Ambiental?

#### 2) PROCESOS Y RECURSOS

- 2.1 Ciclo geológico
- 2.2 Ciclo hidrológico
- 2.3 Ciclos bioquímicos
- 2.4 Recursos materiales
- 2.5 Los suelos y el ambiente

#### 3) EL HOMBRE Y EL MEDIO EN QUE HABITA

- 3.1 Riesgos geológicos como control de los asentamientos humanos
- 3.2 Contaminación de agua y suelo

#### 4) PROCESOS TERRESTRES PELIGROSOS

- 4.1 Inundaciones
- 4.2 Deslizamientos
- 4.3 Hundimientos
- 4.4 Terremotos y fenómenos asociados
- 4.5 Riesgo volcánico

#### 5) CARTOGRAFÍA GEOLÓGICO-AMBIENTAL

- 5.1 Cartografía regional básica
- 5.2 Cartas geológico-ambientales
- 5.3 Leyenda de una carta para la disposición de desechos municipales
- 5.4 Percepción remota aplicada

#### 6) GEOLOGÍA AMBIENTAL EN LA MINERÍA Y EN LA INGENIERÍA CIVIL

- 6.1 Selección de sitios para: A) Rellenos sanitarios
- B) Plantas de tratamiento de aguas negras
- C) Explotación minera y su impacto
- D) Localización de presas de jales

#### 7) USO DEL SUELO Y TOMA DE DECISIONES

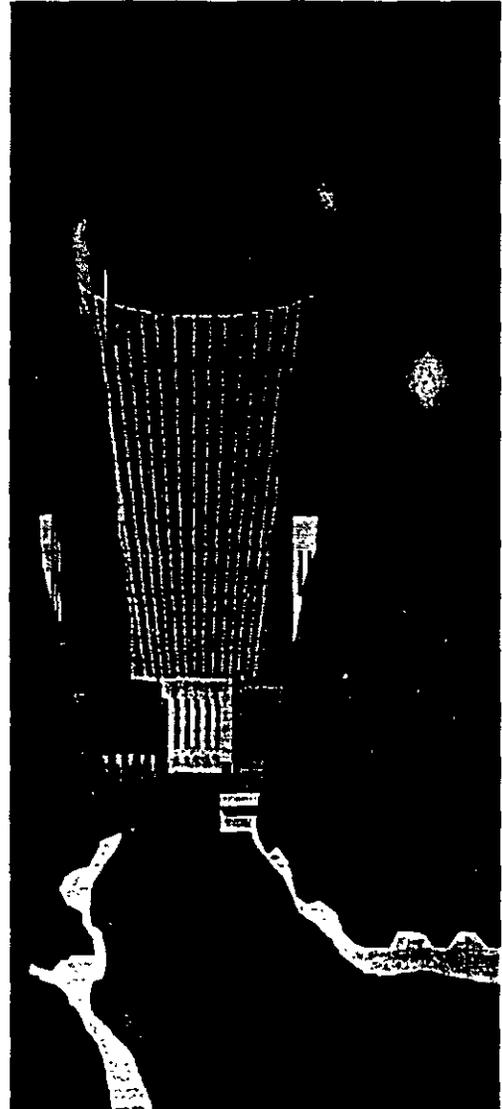
- 7.1 Evaluación del relieve

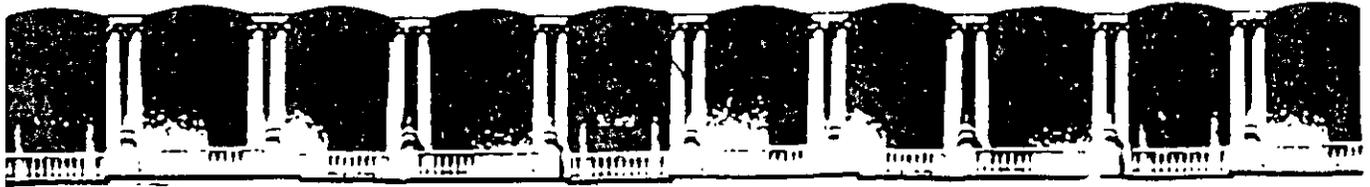
#### 8) LEGISLACIÓN AMBIENTAL

#### 9) EJEMPLOS DEL PAÍS Y DEL MUNDO

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA-SELECTA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

## **GEOLOGÍA AMBIENTAL**

**TEMA:**

**GENERALIDADES**

**ING. JUAN SÁNCHEZ PÉREZ  
PALACIO DE MINERÍA  
ABRIL 2000**

# 1. GENERALIDADES

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Todo tiene un principio y un fin. Nuestra tierra nació hace 4 500 millones de años, como producto del gran colapso de una nube de gas interestelar, conocida como **nebulosa solar**, formando protoestrellas y sistemas planetarios. La vida en la tierra comenzó hace unos 3000 millones de años, o más - de acuerdo con nuevos estudios en la materia - y desde entonces gran cantidad de diversos organismos han emergido, evolucionado y muerto, dejando únicamente sus fósiles como mudo testigo del lugar que ocuparon en la historia de la tierra. Hace apenas unos cuantos millones de años, nuestros ancestros marcaron la pauta para el actual predominio de la especie humana, pero todo tiene un fin y así como se sabe que nuestro sol perecerá, nosotros también desapareceremos de nuestro planeta y del universo.

Desde el punto de vista del **tiempo geológico**, nuestro paso en la historia de la tierra puede ser insignificante, pero para los que vivimos actualmente en ella, así como para nuestros hijos, nuestros nietos y las generaciones posteriores, el **impacto** que hagamos en el ambiente será realmente significativo.

## 1.2 HISTORIA Y DEFINICIÓN

Los antecedentes históricos de la Geología Ambiental se pueden remontar a épocas muy remotas, desde las cuales los seres humanos empezaron a tomar conciencia de los problemas ambientales que podían solucionarse o mitigarse mediante estudios geológicos y la correcta disposición de sus desechos. Así tenemos, por ejemplo, que nuestros antepasados los aztecas realizaban obras hidráulicas que les permitían separar las aguas salobres de las aguas potables, o que elegían sitios para el depósito de sus desechos fuera de su zona habitacional, entre otras actividades que les permitían evitar la contaminación del ambiente. En Europa se tienen muchos casos de geólogos e ingenieros que ante problemas de contaminación del agua, que azotaron regiones con grandes epidemias, llevaron a cabo obras de gran magnitud, que aún hoy en día son funcionales y resultan de gran admiración para los visitantes.

Considerando que el número de antecedentes de este tipo es muy grande, a continuación sólo se mencionan algunos de los más recientes; en particular, los relacionados con el origen del término Geología Ambiental.

Se considera a **James** (1962) como la primera persona que utilizó esta denominación, ya que, ese año, en uno de sus textos mencionó:

*“El término Geología Ambiental fue iniciado por mí, para identificar una nueva orientación al estudio y uso de la geología de una manera coordinada e integrada”.*

Ese mismo año, el término se aplicó a varios programas de estudio conducidos por la *Illinois Geological Survey*, de los Estados Unidos de América.

Como una denominación ya aceptada, James la empleó en una conferencia titulada **Geología del agua y el futuro** (*Water Geology and the future*), llevada a cabo en la Universidad de Indiana, en abril de 1964; dicha conferencia fue publicada hasta 1967.

En 1969, **Haynes** mencionó: *“la Geología Ambiental es un concepto nuevo, de tal manera que el diccionario aún no lo incluye”*, y define al ambiente como: *el complejo climático, edafológico y los factores bióticos que actúan sobre un organismo o una comunidad ecológica...*; y considera a la Geología como: *“ La ciencia que trata con la historia de la Tierra, especialmente con la vida registrada en las rocas ”.*

De acuerdo con **Rhodes** (1971) el concepto de ambiente, comúnmente empleado en nuestros días, *“es esencialmente un aspecto del sistema biológico y geológico global, o sea el habitat físico-ecológico del HOMBRE ”*; en este sentido excluye al ambiente social y cultural.

En 1971 **Legget** observa que: *“Ambiente se convirtió en una de las palabras del año, ya que es un término espléndido para utilizarse en conexión con el trabajo*

*interdisciplinario aplicado a la protección y conservación de los recursos naturales renovables”.*

Desde el punto de vista de **Reiske** (1968), especialista en suelos, *“el ambiente es el suelo del paisaje, el cual resulta de la interacción del clima, relieve, materiales orgánicos (vegetación) y materiales parentales (geológicos), sobre un periodo de tiempo, en el cual existen muchas variaciones de climas, relieves, vegetación y materiales geológicos, por lo que muchos cambios en el ambiente se manifiestan en la tierra”*; también dijo que: *“El suelo del paisaje, es un segmento tridimensional de la tierra que tiene material parental similar, perfil, posición, grado de inclinación, y patrones de drenaje; la vegetación se incluye como una parte del suelo en el paisaje”*.

Generalmente las definiciones mantienen a un lado los factores ecológicos, sociales y culturales y se examina la influencia humana como un AGENTE GEOLÓGICO.

Estos ejemplos bastan para indicar la diversidad de opiniones que existían sobre la definición de AMBIENTE. En la actualidad, existe una gran variedad de definiciones, las cuales provienen de biólogos, químicos, oceanólogos, científicos sociales y representantes de muchos otros campos.

El término Geología Ambiental se ha utilizado ampliamente por los geólogos de las últimas décadas y actualmente su uso ha aumentado notablemente.

La **GEOLOGÍA AMBIENTAL** es parte de la Geología Aplicada y como tal considera todos los aspectos posibles entre la gente y el ambiente físico.

Al abordar el tema de la interacción del hombre con el ambiente, es necesario poner énfasis en la contaminación del suelo y del agua, así como sus implicaciones para la salud pública. En particular, se debe mencionar lo relacionado con la Hidrogeología y el uso del agua, los depósitos de desechos sólidos y líquidos, así como los aspectos geológicos de la salud ambiental.

### 1.3 ASPECTOS FILOSÓFICOS

Las categorías funcionales de la sociedad, importantes en los estudios ambientales, y que constituyen las bases culturales para la degradación del ambiente son: éticas, económicas, políticas, estéticas y, tal vez, religiosas.

Nuestro marco ético parece que se está expandiendo lentamente y eventualmente incluirá todo el ambiente dentro de una Tierra ética. Este aspecto ético confirma el derecho de todos los recursos, tales como plantas, animales y recursos materiales de continuar existiendo y por lo menos en ciertos lugares se mantendrán en su estado natural.

Se puede considerar que las causas inmediatas de la degradación ambiental son: sobrepoblación, urbanización e industrialización, combinadas con la poca consideración ética que se tiene por nuestra Tierra y por las instituciones inadecuadas para manejar la "tensión ambiental". Estos problemas no son exclusivos de un sistema político en particular y, en consecuencia, podemos concluir que la salvación de las comunidades en las diferentes regiones del planeta necesita, por fuerza, un cambio social, económico y ético, que trasciendan los diferentes sistemas políticos nacionales y mundiales.

Actualmente, en algunos países, los factores estéticos se están tomando en cuenta al planear el uso del suelo, tanto a nivel local (municipal), regional (estatal) y nacional (federal), de modo que el panorama se considera como un recurso natural. El problema central que se tiene es que no se cuenta con un método apropiado para realizar este tipo de evaluaciones, que sea realmente cuantitativo, creíble, predecible y que, a la vez, sea fácil de entender. De manera que, hasta que no contemos con una metodología satisfactoria, será difícil realizar un balance apropiado entre lo estético, los costos económicos y los beneficios que se obtengan.

El papel de la religión, causando, perpetuando o condenando la degradación ambiental sigue siendo algo muy discutido. Algunos autores argumentan que la herencia **judeo-cristiana**, es responsable de la actitud actual del hombre occidental en su comportamiento respecto al ambiente. El argumento principal se basa en que la enseñanzas y prácticas judeo - cristianas destruyeron el "**animismo pagano**" (*pagan animism*) que anteriormente tendía a unir la humanidad con la naturaleza y, en consecuencia, ocasionaron que los seres humanos degradaran el ambiente con gran indiferencia. Este punto de vista no puede ser defendido rigurosamente ya que tanto el hombre prehistórico como el actual, que cree en religiones orientales u occidentales, han explotado y alterado la tierra en que viven, en mayor o menor grado. En consecuencia se puede concluir que las instituciones religiosas han sido responsables de algunos problemas ambientales, pero que la tendencia general hacia la degradación del ambiente es por un problema más universal, que trasciende las enseñanzas religiosas.

## I.4 - CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Al abordar el tema de la interacción del hombre con el ambiente, es necesario poner énfasis en la contaminación del suelo y del agua, así como sus implicaciones para la salud pública. En particular se debe mencionar lo relacionado con la Hidrogeología y el uso del agua, los depósitos de desechos sólidos y líquidos y los aspectos geológicos de la salud ambiental.

**OBJETIVO :** Introducir al estudiante con algunos conceptos básicos para el estudio y la comprensión de la Geología Ambiental.

=====

CONCEPTOS	DEFINICIÓN
-----------	------------

=====

- 1 La Tierra es esencialmente un Sistema Cerrado.
- 2 La Tierra es el único habitat apropiado que tenemos y sus recursos son limitados.
- 3 Los procesos físicos actuales continúan modificando el relieve (nuestro panorama) y lo cual han realizado durante gran parte del tiempo geológico; sin embargo, la magnitud y frecuencia de estos procesos están sujetas a cambios naturales o artificiales (inducidos por el hombre).
- 4 Siempre han existido procesos terrestres que son peligrosos para el ser humano. Estos riesgos naturales deben ser reconocidos, evitados cuando sea posible, y sus efectos sobre las vidas humanas o sus propiedades deben ser reducidos al máximo.
- 5 La planeación del uso del suelo y del agua, deben buscar siempre un balance entre las consideraciones económicas y las variables menos tangibles, como las estéticas.
- 6 El efecto del uso del suelo tiende a ser acumulativo y en consecuencia tenemos obligaciones con las personas que vivirán después en la región donde nosotros habitamos actualmente.
- 7 El componente fundamental del ambiente de cada persona es el factor geológico y para poderlo entender, se requiere de una comprensión amplia de las Ciencias de la Tierra, así como de otras disciplinas relacionadas.

=====

**NOTA :** Aunque los conceptos indicados en esta tabla no constituyen una lista completa para poder investigar y discutir todos los aspectos de la Geología Ambiental, se pretende proporcionar con ellos, un marco filosófico básico para el entendimiento y manejo apropiado de este apasionante tema.

## I.5 - EL AMBIENTE Y EL CAMBIO GLOBAL

La tierra es un sistema dinámico que produce cambios constantes en el ambiente. Algunos cambios son muy rápidos (temblores, actividad volcánica e inundaciones) y tienen efectos catastróficos en la sociedad; en contraste, otros cambios son tan lentos, con respecto a los estándares humanos, que apenas son notorios. Quizá se siente una cierta sensación de seguridad (confort) al darnos cuenta que la mayoría de los procesos geológicos son de poca preocupación para nosotros como individuos.

Aún así, la historia ha registrado la cumbre y la caída de comunidades, grandes culturas y civilizaciones, en las cuales el ambiente y los recursos naturales jugaron un papel importante. Un ejemplo es la caída de Mesopotamia, hace 1500 años. Conforme la gente empezó a irrigar sus tierras, la sal empezó a concentrarse en el suelo, afectando drásticamente la producción agrícola. Esto condujo a la caída de su civilización. Actualmente, muchos países con poco desarrollo tecnológico tienen su propia crisis de energía; una crisis originada por varias razones: falta de leña, la sobrepoblación y el resultante consumo masivo de los bosques para tener combustible, son los principales factores que han originado la falta de recursos alimenticios en países como Haití y Etiopía. La tala inmoderada destruye los sistemas que crean las raíces y que soportan el suelo; ya que la erosión se acelera y dentro de una década o dos, la capa superficial del suelo, vegetal o mineral, se destruye y la producción agrícola decrece rápidamente.

¿Cuál será el destino de nuestra civilización?. ¿Cambiarán su curso actual ríos tan caudalosos como el Mississippi, para drenar sobre su "planicie" deltáica y abandonará Nueva Orleans?. ¿Se llenarán totalmente los vasos de almacenamiento de las presas del mundo?, convirtiéndolas en algo inútil para la irrigación o generación de energía eléctrica. La mayoría de nuestros recursos son finitos y no renovables. Durante los próximos 10 años, utilizaremos más petróleo, gas, acero y otros recursos minerales que los consumidos a través de toda la historia.

Por medio de imágenes de satélite hoy en día se puede tener un buen control de los cambios que se producen en el ambiente, como ejemplo de ello se tiene el de Rondonia, un estado localizado en el occidente de Brasil, donde con imágenes Landsat se han podido observar continuos cambios, ya que en 1973 el bosque tropical estaba prácticamente virgen ; en 1987 se abrieron muchas parcelas en la selva. Este cambio abrupto en el ambiente y el panorama fue el resultado de los esfuerzos del gobierno por hacer que miles de brasileños pobres se asentaran en el interior. En los 80's una quinta parte del bosque fue completamente arrancado, pero el suelo tropical fue improductivo, de manera que la mayoría de los granjeros tuvieron que dejar la zona después de unas cuantos años, debido a su improductividad agrícola. Cuando el ser humano altera el ambiente, descompone el balance de los sistemas naturales, que fueron establecidos lentamente durante

miles de años, y los ajustes que se producirán, debido a los cambios que realizamos no siempre pueden anticiparse.

Ejemplos similares a los mencionados existen en México; en particular, en lo referente al gran deterioro que están sufriendo nuestros bosques, como en la **Selva Lacandona**, Chiapas, que aunque no ha tenido un impacto tan notorio a nivel mundial, como el de otras regiones, si es de relevancia para las condiciones locales del suelo y del ambiente.

También es de importancia, a nivel mundial y nacional, la contaminación generada por el desarrollo industrial, que cada vez produce mayor cantidad de desechos tóxicos.

Tradicionalmente se ha utilizado el agua para remover y diluir los desechos sólidos y líquidos que se depositan en los suelos, lo cual ha traído como consecuencia la contaminación de superficies de terreno más grandes y de las aguas subterráneas, que de una forma u otra sirven como receptáculo para las sustancias tóxicas. En ocasiones los sistemas naturales se saturan de sustancias nocivas para la salud y crean condiciones ambientales insalubres para una determinada región.

Los estudios geológicos tienen mucho que ver con la disposición de los desechos sólidos y líquidos. Por ejemplo, respecto a la basura, se pueden considerar dos aspectos básicos: 1) si se entierra, se pone en peligro la calidad del agua del subsuelo; 2) si se arroja sin control alguno, es arrastrada hacia los arroyos y ríos y éstos la conducen hacia las playas y el agua del mar, para contaminarlas. De modo que es muy conveniente considerar soluciones para este tipo de problemas y evitarlos en la medida de lo posible; para ello, es muy importante conocer el marco geológico del sitio o los sitios de interés para la disposición de los desechos, ya que con ello será posible alterar en una forma menos dramática las condiciones geológicas y biológicas.

Para el caso de sitios contaminados y los programas de remediación que se emprendan, es aún más necesario conocer las condiciones geológicas, ya que éstas constituyen uno de los antecedentes más importantes para tratar de entender que tanto se han extendido las sustancias contaminantes y en que forma se pueden planear los trabajos de remediación, de ahí la importancia de realizar cursos, como éste.

## 1.6 - ¿ QUE ES LA GEOLOGÍA AMBIENTAL ?

La GEOLOGÍA AMBIENTAL es Geología aplicada. De manera más específica, es el uso de la información geológica para ayudarnos a resolver conflictos en el uso del suelo, para minimizar la degradación ambiental y para maximizar los resultados benéficos de utilizar nuestro ambiente natural o modificado.

La aplicación de los estudios geológicos para estos problemas incluye el estudio de:

- 1) **Riesgos naturales** (inundaciones, deslizamientos, temblores y actividad volcánica), para reducir al máximo la pérdida de vidas humanas y propiedades.
- 2) **Análisis del terreno** (paisaje), para seleccionar sitios adecuados para la construcción de obras de ingeniería civil, incluyendo desarrollos habitacionales, estudios de planeación del uso del suelo y análisis del impacto ambiental.
- 3) **La explotación y uso de los materiales terrestres**, tales como minerales, rocas y suelos, para determinar su uso potencial como recurso o como lugar para la disposición de desechos y su efecto en la salud de los seres humanos.
- 4) **Procesos hidrológicos**, de las aguas del subsuelo y superficiales, para la evaluación de dicho recurso y los problemas de la contaminación de los mismos por causas naturales o inducidas.
- 5) **Procesos geológicos naturales**, tales como el depósito de sedimentos en los fondos oceánicos, la formación de montañas, el movimiento del agua en y debajo de la superficie de la tierra, para evaluar los cambios locales, regionales y globales.

Considerando lo amplio de sus aplicaciones, podemos definir la Geología Ambiental como la rama de las Ciencias de la Tierra que estudia todo el espectro de las interacciones humanas con el ambiente físico.

Debido a la frecuencia con que estaremos haciendo uso de la palabra AMBIENTE, es conveniente dar una descripción de ella, con el propósito de uniformizar los criterios respecto a su definición y manejo.

**AMBIENTE.-** Es el conjunto de circunstancias que rodean a un individuo o comunidad. Esto incluye todas las condiciones físicas (aire, agua, gases atmosféricos e inducidos y formas del relieve), que afectan el crecimiento y desarrollo de un individuo o una comunidad; también incluye las condiciones sociales y culturales que se encuentran en su entorno, tales como las éticas, económicas y estéticas.

Considerando lo anterior, la introducción a la Geología Ambiental debe tomar en cuenta no sólo los procesos terrestres y los recursos materiales, sino también los aspectos sociales y culturales que afectan nuestra percepción y reacción al entorno físico en que vivimos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**COATES, D. R. (1983). Environmental Geology - A Perspective, State University of New York at Binghamton, Northeastern Science, Vol. 2, pp. 57-66.**

**CARGO, D. N. (1977). Environmental Geology, Philippines, Second Edition, Wesley Publishing Company, Inc.**

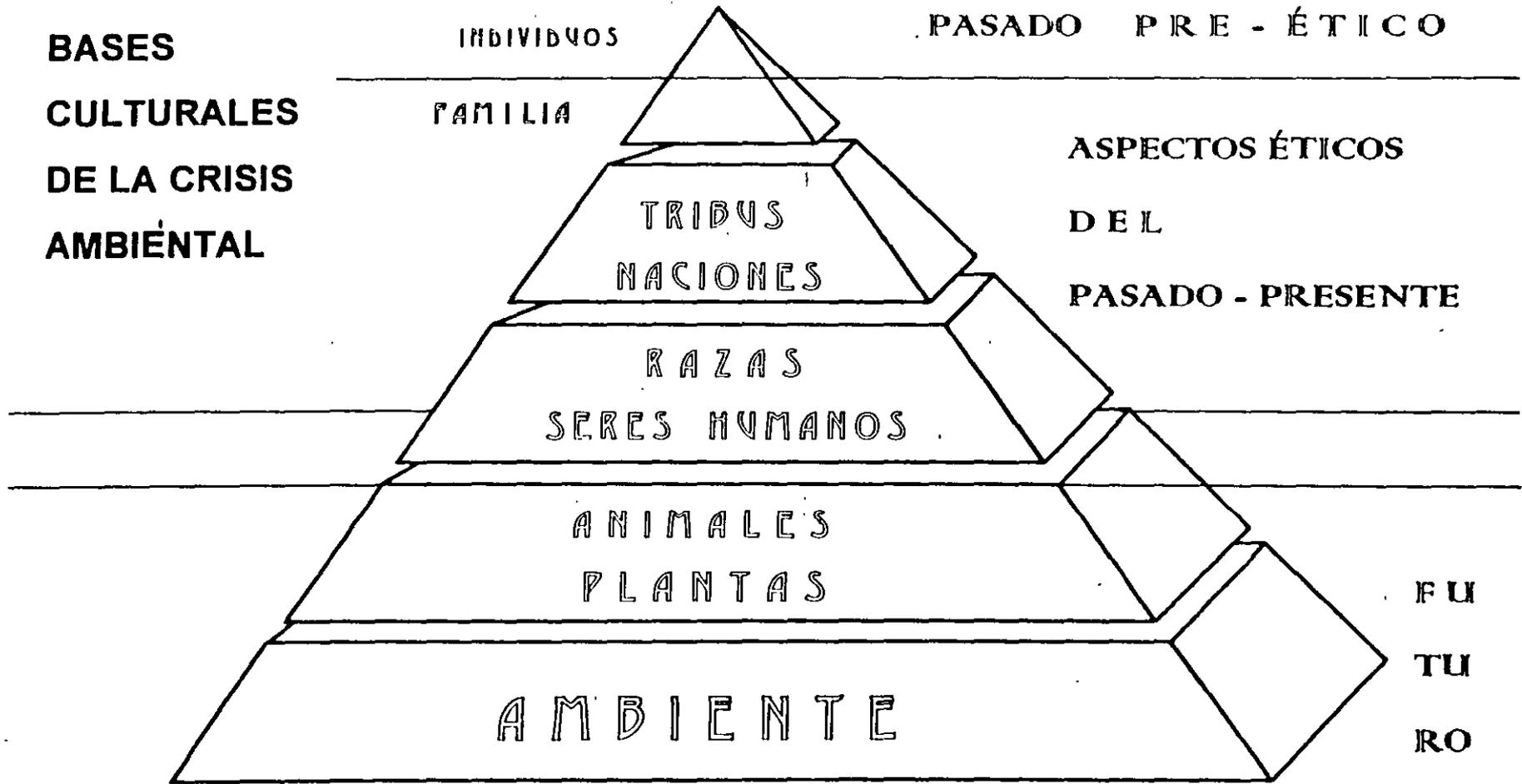
**CARGO, D. (1977). Man and his Geologic Environment, Addison-Wesley Publishing Company, Second Edition, Missouri State University.**

**LEGGET, R. (1973). Cities and Geology, McGraw-Hill Inc., New York.**

**La Greca, M. (1994). Hazardous Waste Management, McGraw-Hill Inc., New York.**

**KELLER, E. (1992). Environmental Geology, University of California, Santa Barbara, Sixth Edition.**

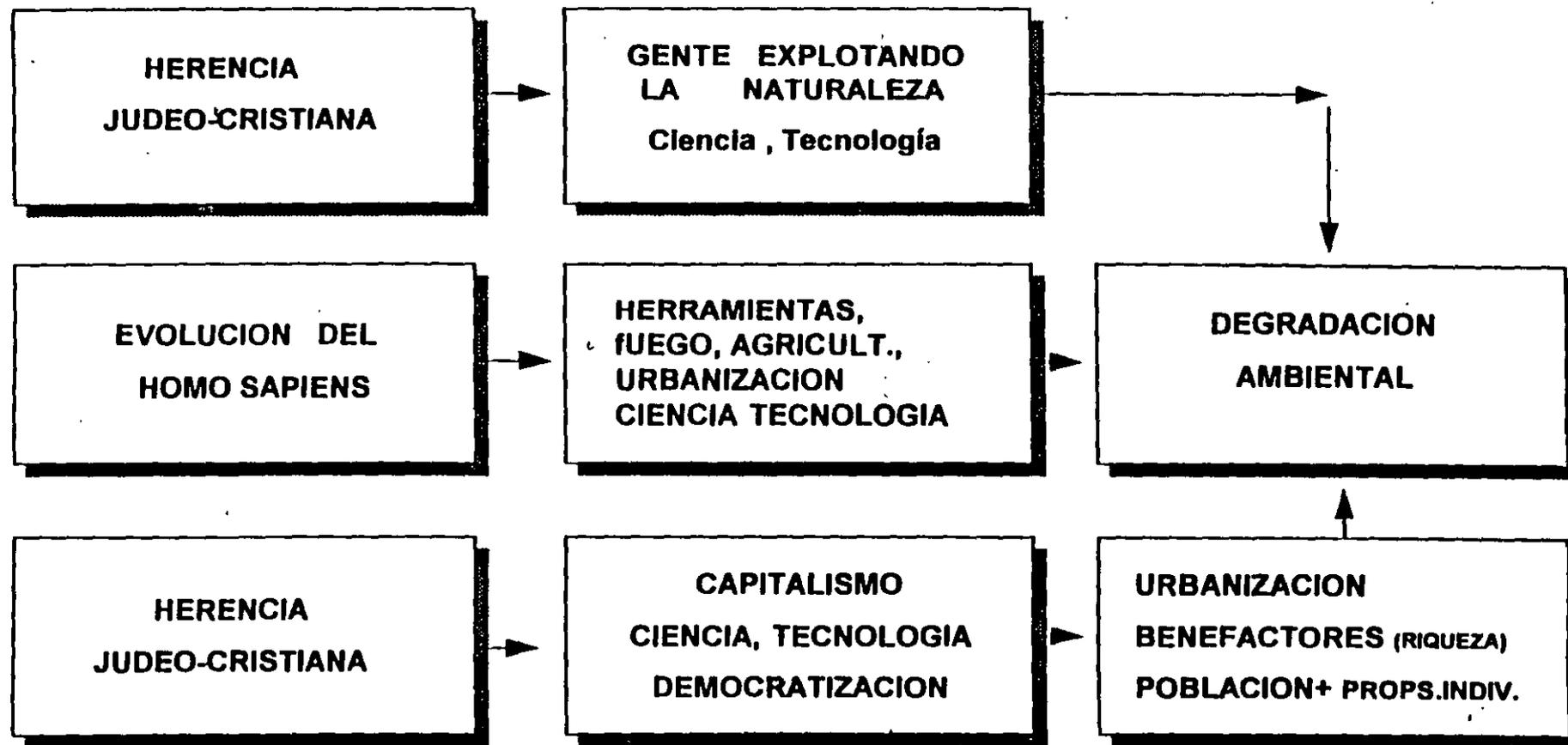
**BETZ, F. (1975). Environmental Geology, Papers in Geology. Hutchinson and Ross, Inc., Pennsylvania; Penn.**



MODIFICADO DE RODERICK NASH - *DO ROCKS HAVE RIGHTS ?*

THE CENTER MAGAZINE ( NOV. - DEC., 1977 )

**FIGURA 1.1 - LA EVOLUCIÓN DE LA ÉTICA**



**FIGURA 2 - MODELOS QUE MUESTRAN LOS POSIBLES CAMINOS DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL según Keller (1981)**