

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



Conservación de los Recursos Naturales

Por:

GENARO RODRIGUEZ TINOCO

MONOGRAFIA



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

*Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:*

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 1998

10054

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES

Por:

GENARO RODRIGUEZ TINOCO

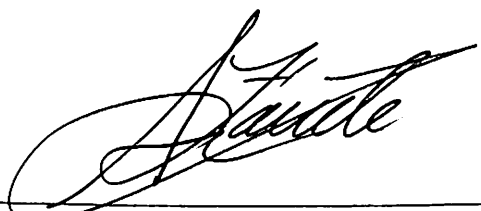
Que se somete al H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

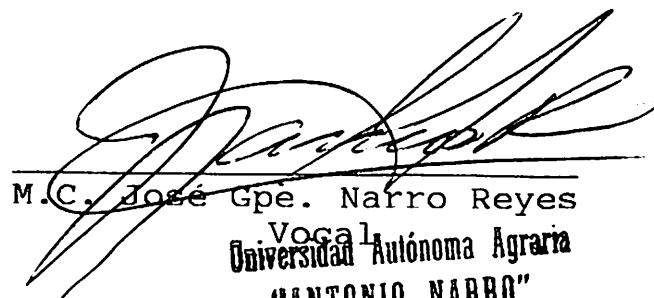
Aprobada



Dr. Eduardo Aizpuru García
Presidente



Dr. Alejandro Zárate Lupercio
Vocal



M.C. José Gpe. Narro Reyes
Vocal
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Dr. Carlos De Luna Villarreal
Coordinador
División Ciencia Animal



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al **Dr. Eduardo Aizpuru García**, Presidente de mi comité de asesores, por la dirección profesional, el apoyo moral y material, y sobretodo por la paciencia que me tuvo durante la realización de este trabajo. De igual manera, deseo extender mi agradecimiento al **Dr. Alejandro Zárate Lupercio** y al **M.C. José Guadalupe Narro Reyes** por las valiosas observaciones que enriquecieron este trabajo.

Agradezco a mi novia **Karina** el apoyo emocional y material, así como el tiempo que destinó para ayudarme. También, quiero ofrecer mi gratitud por el apoyo moral y económico que me brindaron **mis padres y mis hermanos**. Asimismo, reconozco el apoyo ofrecido de mis amigos: **Bartolo Romo, Eduardo Ruíz, Jorge Rivera, Juan Hernández, Marcelino López** y especialmente a **Noé Avila**. Quiero agradecer a la **Fam. Ramos Morales** y al **Ing. Alvaro Rodríguez Rivera** por brindarme su apoyo.

A mis padres

Genaro Rodríguez Morales
Natividad Tinoco de Rodríguez

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
JUSTIFICACION	1
PREMISAS	1
OBJETIVOS	4
LITERATURA CITADA	5
2. CONCEPTOS ECOLOGICOS Y SOCIALES	7
RECURSOS	7
RENOVABILIDAD	9
AGOTAMIENTO	11
ESCASEZ	11
SUSTENTABILIDAD	13
CONSERVACION	14
CLASIFICACION DE RECURSOS	15
ECOSISTEMA	18
ENERGIA	22
CONTAMINACION	23
IMPACTO AMBIENTAL	25
BIODIVERSIDAD	26
LEGISLACION	27
POLITICAS	28
CULTURA	29
ETICA	30
LITERATURA CITADA	31
3. CONSIDERACIONES ECONOMICAS	39
ECONOMIA Y ECOLOGIA	39
CONCEPTOS BASICOS	41
Sistemas económicos	41
Posibilidades de producción	42
Ley de la oferta y la demanda	44
ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES	47
ECONOMIA DEL BIENESTAR	49
Medidas económicas del bienestar	50
EXTERNALIDADES	53
EL ESTADO Y LA ECONOMIA	54
ECONOMIA SUSTENTABLE	55
LITERATURA CITADA	56

4. POBLACION	61
POBLACION COMO UNIDAD DE ESTUDIO	61
ECOLOGIA DE POBLACIONES	62
Tablas de vida	63
Curvas de Sobrevivencia	63
Estructura por edades	64
Tasa óptima de incremento natural	65
REGULACION DE LA POBLACION	67
POBLACION HUMANA	70
Historia del crecimiento poblacional	71
Tipos de sobrepoblación	73
PERSPECTIVAS DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL	74
Efecto del crecimiento poblacional sobre los recursos naturales	74
Efecto del crecimiento poblacional sobre el crecimiento económico	74
Efecto del crecimiento económico sobre el crecimiento poblacional	76
POLITICAS POBLACIONALES	76
EDUCACION POBLACIONAL	77
LITERATURA CITADA	78
5. USO POTENCIAL DE LA TIERRA	84
CLASIFICACION DE LA TIERRA.	85
Descripción de clases	86
USO ACTUAL DEL SUELO	88
DESERTIFICACION	90
ORDENAMIENTO	91
LITERATURA CITADA	92
6. SUELO	96
ENFOQUE AGRONOMICO, ECOLOGICO Y PEDOLOGICO.	96
CLASIFICACION DE SUELOS.	98
Clasificación de suelos en México.	98
USO Y DETERIORO DEL SUELO	99
FERTILIDAD DEL SUELO	101
EROSION	103
Mecánica de la erosión.	104
Tipos de erosión.	106
Ecuación universal de pérdida de suelo	107
CONTAMINACION.	108
CONSERVACION	110
Conservación y economía.	111
LEGISLACION	113
EDUCACION.	113
LITERATURA CITADA	114
7. AIRE	119
LA ATMOSFERA	119
PATRONES DE CIRCULACION	121
USO Y DETERIORO	125

CONTAMINACION	125
Gases de invernadero	127
Capa de ozono	130
Indices de contaminación.	131
CONSERVACION	134
LEGISLACION	135
EDUCACION	135
LITERATURA CITADA	136
8. AGUA	138
CICLO HIDROLOGICO.	140
FUENTES DE AGUA.	143
USO Y DETERIORO.	144
CONTAMINACION	149
CONSERVACION	152
LEGISLACION	153
EDUCACION	154
LITERATURA CITADA	154
9. ENERGIA	159
RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES	161
Energía solar	161
Energía del viento	165
Energía hidráulica	166
Energía geotérmica	167
Biomasa	168
RECURSOS ENERGETICOS NO RENOVABLES	169
Energía nuclear	169
Combustibles fósiles	169
USOS Y CONTAMINACION	171
CONSERVACION	174
LEGISLACION	174
EDUCACION	175
LITERATURA CITADA	175
10. BIOMA PASTIZAL	178
DEFINICION	178
PASTIZAL Y USO POTENCIAL DE LA TIERRA.	183
USO E IMPORTANCIA	185
BIOTA	188
CONSERVACION	189
LEGISLACION	190
LITERATURA CITADA	190
11. BIOMA BOSQUE	198
DEFINICION	198
BOSQUE Y USO POTENCIAL DE LA TIERRA	202
USO E IMPORTANCIA	203
BIOTA	205
CONSERVACION	206
LEGISLACION	208

EDUCACION	208
LITERATURA CITADA	209
12. BIOMAS ACUATICOS	213
LAGOS	213
RIOS Y ARROYOS	215
OCEANOS	217
LITERATURA CITADA	217
13. ETICA	219
ETICA Y USO DE LOS RECURSOS	222
ETICA AGRONOMICA VS ECOLOGICA	223
LITERATURA CITADA	225
14. CONCLUSTONES	227
15. GLOSARTO	233

INDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1	Ejemplo hipotético de una tabla de vida	63
Cuadro 4.2	Crecimiento de la población mundial y tiempo de duplicación	64
Cuadro 6.1	Principales tipos de suelos de la República Mexicana	100
Cuadro 6.2	Diferentes formas de erosión	106
Cuadro 7.1	Comparación natural del aire seco . . .	120
Cuadro 7.2	Escala de medición del IMECA	122
Cuadro 11.1	Recursos forestales mundiales	200
Cuadro 11.2	Cobertura forestal en México	201
Cuadro 11.3	Area forestal estimada y crecimiento potencial estimado en toneladas de materia seca producidas por hectárea por año en diferentes clases de bosques del mundo.	203
Cuadro 11.4	Producción y valor de la producción forestal maderable en México 1980-1994 .	204

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Escalas Espacio - Tiempo.	8
Figura 2.2	Recursos de abasto y recursos de flujo.	10
Figura 2.3	Curvas de agotamiento para un recurso no renovable, usando tres suposiciones diferentes.	12
Figura 2.4	Clasificación general de los recursos.	16
Figura 2.5	Estructura jerárquica.	19
Figura 2.6	Elementos de un ecosistema.	22
Figura 3.1	Comparación de la economía ecológica y economía convencional	40
Figura 3.2	Frontera de posibilidades de producción	43
Figura 3.3	Curvas de la Oferta y la Demanda	46
Figura 3.4	El precio y el punto de equilibrio: excedente y escasez	46
Figura 3.5	Valor del beneficio marginal neto (BMN) para dos períodos.	49
Figura 3.6	Posible substitución de un recurso agotable (<u>Y</u>) por otro recurso (<u>X</u>).	50
Figura 4.1	Los componentes del cambio poblacional.	62
Figura 4.2	Tipos de curvas de sobrevivencia	64
Figura 4.3	Estructura de la edad en poblaciones en Crecimiento, Estable y Decadente	65
Figura 4.4	Modelo cibernético del control de la población.	67
Figura 4.5	Curvas de crecimiento exponencial y limitado	68

Figura 4.6	La capacidad de carga en un modelo cibernético de la población.	69
Figura 4.7	Historia del crecimiento de la población humana	72
Figura 4.8	Efecto del crecimiento de la población sobre los recursos naturales no renovables	75
Figura 4.9	Tasas globales de fecundidad, según nivel educativo, México 1980 y 1990. .	78
Figura 5.1	El medio físico determinante de los usos del suelo	85
Figura 5.2	Clasificación de la tierra adoptado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos.	86
Figura 5.3	Principales usos del suelo en México. .	89
Figura 6.1	Principales tipos de suelos de la República Mexicana.	99
Figura 6.2	Interrelaciones entre sequía, cobertura vegetal y erosión del suelo	103
Figura 6.3	Relaciones de la erosión hídrica y eólica con la precipitación media anual en áreas con cobertura vegetal natural . .	104
Figura 6.4	Disminución de la erosión normal y el aumento de la erosión potencial.	104
Figura 6.5	Area mundial cosechada de granos por persona, 1950-1996.	112
Figura 7.1	Capas atmosféricas y su temperatura. . .	121
Figura 7.2	Circulación general del aire y dirección del viento cerca de la superficie terrestre	122
Figura 7.3	Posición promedio de las corrientes de chorro polar y subtropical con respecto al modelo de circulación general . . .	123
Figura 7.4	Patrón normal de temperatura en la tropósfera e Inversión térmica.	124

Figura 7.5	Las concentraciones de CO_2 y otros gases y la emisión neta de la radiación hacia el espacio exterior	127
Figura 7.6	Estimación de la concentración del CO_2 en la atmósfera durante los últimos 160,000 años y la variación de la temperatura en la Antártida	128
Figura 7.7	Concentración de CO_2 en la atmósfera y el promedio global de temperatura con sus proyecciones	129
Figura 7.8	Reacción de una molécula de Freón 12 con ozono.	132
Figura 7.9	Producción global de clorofluorocarbonos, 1950-1995	132
Figura 7.10	Índice estándar de contaminación (PSI).	133
Figura 8.1	Distribución mundial del agua	140
Figura 8.2	Ciclo hidrológico.	141
Figura 8.3	Distribución de la precipitación mundial	142
Figura 8.4	Cono de depresión	143
Figura 8.5	Uso de agua por sector a nivel global.	146
Figura 8.6	Comparación de las condiciones normales y el fenómeno El Niño	148
Figura 8.7	Modelo general de las posibles consecuencias de la contaminación por gases de invernadero	149
Figura 8.8	Tamaño de pequeñas partículas.	150
Figura 8.9	Escala pH	151
Figura 8.10	Intrusión de agua salada en una región costera.	152
Figura 9.1	Espectro electromagnético	160
Figura 9.2	Sistemas solares de calentamiento para una casa.	164
Figura 9.3	Celda solar fotovoltaica.	164

Figura 9.4 Consumo de energía por el humano en
diferentes épocas 172

Figura 9.5 Energía comercial de diferentes fuentes,
usada en 1991 en el mundo 173

1. INTRODUCCION

JUSTIFICACION

En una época de fuertes contrastes, en la que indescribibles avances tecnológicos conviven con niveles de retraso y pobreza sin precedente, se hace cada vez más evidente la necesidad de una reflexión que permita al *Homo sapiens* adquirir una perspectiva clara de su situación en el mundo.

A pesar de que los países desarrollados ya rebasaron la era industrial y se encuentran en la era de la informática, caracterizada por una enorme complejidad y sofisticación, y a pesar de que esos países intentan incluso conquistar el espacio sideral, el humano se ve en la inexorable necesidad de poner los pies sobre la tierra, ya que como especie depende en primera y última instancia del uso de los recursos naturales para su sobrevivencia.

Hasta hace poco, en lo que se conoce como la cultura judaico-cristiana, el humano ha asumido una supremacía sobre los recursos a su rededor, aceptando la posibilidad de un crecimiento ilimitado, y el derecho a llevar a cabo una explotación indiscriminada de los recursos naturales. Irónicamente, esta actitud, ya ha producido desbalances en los sistemas ecológicos que son esenciales para el sostenimiento de la vida y la civilización tal y como la conocemos, y en consecuencia, en la actualidad se están cuestionando los fundamentos conceptuales que propiciaron esa postura.

PREMISAS

Con fundamento en la problemática antes señalada, se presentan a continuación los conceptos que servirán como premisas para el desarrollo de esta monografía, relativa a la

Conservación de Recursos Naturales.

Hoy en día, el humano no puede dar por hecho ni la abundancia de los recursos naturales y la estabilidad del clima, ni la pureza del aire y del agua. Lo que antes era mantenido por la naturaleza, ahora se presenta como factores limitados y procesos frágiles, afectados de una u otra forma por el alarmante crecimiento demográfico de esa especie. Ese crecimiento es tal que resulta difícil comprender su magnitud, y constituye el origen de otros problemas ambientales, de tal manera que el pronóstico malthusiano amenaza con cumplirse y por eso el uso racional de los recursos, así como su conservación, adquieren cada día mayor significancia (Chiras 1991; Nebel 1987; SARH 1993).

A principios de los años sesentas, esta problemática empezó a hacerse obvia, y en respuesta, surgió una corriente de conservación ecológica para contrarrestar los efectos del desuso de los recursos. Desde entonces, sin embargo, los cambios han sido históricamente tan vertiginosos y la información se torna obsoleta tan rápidamente que los cambios en el mundo empiezan a resultar abrumadores aún para los líderes políticos, quienes tienen que confrontar situaciones inciertas en sus tomas de decisiones (Brown 1996). Por lo anterior, la postura estrictamente ecológica sin retroalimentación de otras disciplinas ya resulta inadecuada, haciéndose necesario establecer nuevos enfoques o premisas con fundamento en un criterio interdisciplinario que permita la integración de ideas e información tanto de las ciencias físicas (biología, química, geología, etc.) como de las ciencias sociales (economía, política, ética, etc.) (Chiras 1991; Lowe y Lewis 1980; Miller 1990; Randall 1981).

Lo antes señalado resulta de vital importancia si se considera que la economía mundial ha crecido aún más rápidamente que la población y que esto se ha usado como justificante para adoptar una postura pragmática de corto plazo, según la cual el uso de recursos es un elemento implícito de lo que se denomina desarrollo o progreso humano sin considerar los efectos que eso pueda tener para la sociedad en general y para las futuras generaciones en particular (Potter 1971; Roche 1986; WCED 1987). Siguiendo esta actitud se

tiende a olvidar que todo crecimiento económico trae consigo un mayor uso de recursos (Brown 1996), la mayoría de los cuales son agotables (Hartwick y Olewiler 1986). El concepto de progreso como crecimiento, particularmente crecimiento económico tiene que desasociarse del concepto de progreso como bienestar ya que el primero suele omitir la consideración de los elementos mínimos para el bienestar humano, de tal manera que se interrumpen los mecanismos de retroalimentación que definen la estabilidad y permanencia cultural (Dasmann 1976; Potter 1971).

El problema es esencialmente la resistencia al cambio en criterios y enfoques pues a menos de que se formulen nuevas filosofías de la vida y se produzcan reajustes socioeconómicos profundos, la destrucción irreversible de los sistemas de mantenimiento de la vida en este planeta serán inevitables (Goldsmith et al. 1972). La negativa a aceptar que la historia no es acerca del status quo sino acerca del cambio, (Brown 1996) ha inducido al humano a rechazar que actualmente ya se encuentra en la era de la escasez, en un mundo amplia y fuertemente contaminado, en el cual el crecimiento económico no siempre conlleva progreso debido a que en la mayoría de los casos implica algún tipo de riesgo ecológico (Lowe y Lewis 1980).

En consecuencia, el uso de los recursos para producir bienes materiales y servicios es limitado, y depende de factores culturales y económicos, por lo que debe enfatizarse el análisis interdisciplinario en la toma de decisiones para resolver los problemas sobre el uso de los recursos, haciendo hincapié en la necesidad de conocimiento básico del **análisis económico** (Lowe y Lewis 1980), no sólo como modelos conceptuales alternativos, sino también como una herramienta para interpretar los efectos y consecuencias de usos y desusos en un momento histórico en el que la **globalización** impera en las interacciones sociales, económicas y políticas (Licha 1996).

La perspectiva antes descrita busca fortalecer los procesos de toma de decisiones para definir los marcos de referencia necesarios para legislar el uso de esos recursos, por un lado, y por el otro definir directrices para educar tanto a los tomadores de decisiones como a la población en

general. Además se requiere establecer un marco de referencia **ético ambiental** que funja como alternativa a la actitud consumista prevaleciente (Brown 1996; Chiras 1991; Goldsmith et al. 1972; Miller 1994; 1997), no como un aspecto filosófico sino como un elemento intrínseco a la ecología que permita tender un puente por el que las futuras generaciones se encaminarán a un futuro estable (Potter 1971).

Un aspecto que complementa y redondea los puntos antes señalados es lo relativo a la clasificación de los recursos ya que típicamente ésta se ha basado en esquemas rígidos que ubican a los recursos como entidades fijas (CEPAL 1975; Owen 1985). Lo que se requiere actualmente es generar esquemas con mayor **flexibilidad**, pues si se deteriora un recurso al grado de rebasar umbrales de **renovabilidad**, éste puede convertirse en no renovable si su proceso natural de renovación es muy lento en la escala de tiempo de la vida del humano. Con lo anterior en mente debe enfatizarse que algunos recursos no renovables pueden ser reciclados o reusados y que los recursos renovables pueden ser usados a un alto grado, pero sin disminuir su potencial para renovarse, o sea, manteniendo una producción **sustentable**, usando como marco de referencia las evaluaciones de **impacto ambiental** y **ordenación ecológica**, pues de lo contrario, un aprovechamiento inadecuado provoca deterioro o extinción originando consecuencias socioeconómicas adversas (Miller 1994; 1997; Redclift 1987).

OBJETIVOS

Con fundamento en todo lo antes estipulado, el presente trabajo no busca revisar exhaustivamente el tema de la conservación de recursos naturales sino presentar una selección de materiales que respalde las premisas planteadas. Se busca subsanar la deficiencia de material que considere la conservación en un contexto interdisciplinario, de tal manera que provea una visión integral de la problemática global, complementando de una manera general los fundamentos ecológicos del ecónomo y del humanista por un lado, y por el otro, los fundamentos económicos y humanistas del manejador de

general. Además se requiere establecer un marco de referencia **ético ambiental** que funja como alternativa a la actitud consumista prevaleciente (Brown 1996; Chiras 1991; Goldsmith *et al.* 1972; Miller 1994; 1997), no como un aspecto filosófico sino como un elemento intrínseco a la ecología que permita tender un puente por el que las futuras generaciones se encaminarán a un futuro estable (Potter 1971).

Un aspecto que complementa y redondea los puntos antes señalados es lo relativo a la clasificación de los recursos ya que típicamente ésta se ha basado en esquemas rígidos que ubican a los recursos como entidades fijas (CEPAL 1975; Owen 1985). Lo que se requiere actualmente es generar esquemas con mayor **flexibilidad**, pues si se deteriora un recurso al grado de rebasar umbrales de **renovabilidad**, éste puede convertirse en no renovable si su proceso natural de renovación es muy lento en la escala de tiempo de la vida del humano. Con lo anterior en mente debe enfatizarse que algunos recursos no renovables pueden ser reciclados o reusados y que los recursos renovables pueden ser usados a un alto grado, pero sin disminuir su potencial para renovarse, o sea, manteniendo una producción **sustentable**, usando como marco de referencia las evaluaciones de **impacto ambiental** y **ordenación ecológica**, pues de lo contrario, un aprovechamiento inadecuado provoca deterioro o extinción originando consecuencias socioeconómicas adversas (Miller 1994; 1997; Redclift 1987).

OBJETIVOS

Con fundamento en todo lo antes estipulado, el presente trabajo no busca revisar exhaustivamente el tema de la conservación de recursos naturales sino presentar una selección de materiales que respalde las premisas planteadas. Se busca subsanar la deficiencia de material que considere la conservación en un contexto interdisciplinario, de tal manera que provea una visión integral de la problemática global, complementando de una manera general los fundamentos ecológicos del ecónomo y del humanista por un lado, y por el otro, los fundamentos económicos y humanistas del manejador de

recursos de tal manera que se normen criterios y se estreche la relación entre esos especialistas.

LITERATURA CITADA

- Brown, L.R. 1996. The acceleration of history. In: Brown, L.R. (ed). State of the world 1996. W.W. Norton & Company. New York. p. 3-20.
- CEPAL-Comisión Económica para América Latina. 1975. Conferencia mundial de población. Fondo de Cultura Económica. México.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental science: action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City.
- Dasmann, R.F. 1976. Environmental conservation. 4 ed. John Wiley & Sons. New York.
- Goldsmith, E., R. Allen, M. Allaby, J. Davoll and S. Lawrence. 1972. Manifiesto para la sobrevivencia. Alianza Editorial. Madrid.
- Hartwick, J.M. and N.D. Olewiler. 1986. The economics of natural resource use. Harper & Row, Publishers. New York.
- Licha, I. 1996. La investigación y las universidades latinoamericanas en el umbral del siglo XXI: Los desafíos de la globalización. Ed. UDUAL. México.
- Lowe, J.L. and D. Lewis. 1980. The economics of environmental management. Philip Alan Publishers Limited. Oxford.
- Miller, G.T. Jr. 1990. Living in the environment: an introduction to environmental science. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Miller, G.T. Jr. 1994. Living in the environment: principles, connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental Science: working with the Earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Owen, O.S. 1985. Natural resource conservation. 4 ed. Macmillan Publishing, Inc. New York.

- Potter, V.R. 1971. Bioethics. Bridge to the future. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Randall, A. 1981. Resource economics. John Wiley and Sons. New York.
- Redclift, M. 1987. Sustainable development. Routledge. London, Great Britain.
- Roche, M. 1986. ¿Ha contribuido la ciencia al desarrollo? Interciencia 11: 216-20.
- SARH-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Ley Forestal. Versión del Diario Oficial de la Federación (22 de Diciembre de 1992). México.
- WCED-World Commission on Environmental Development. 1987. Our Common Future. Oxford University Press. New York.

2. CONCEPTOS ECOLOGICOS Y SOCIALES

RECURSOS

Recursos son bienes o medios de subsistencia (RAE 1984). En el contexto de las ciencias biológicas, ecológicas y económicas, el término recurso ha adquirido una connotación específica como aquello que se obtiene del medio ambiente para satisfacer las necesidades del humano (Miller 1997), es decir, para que un elemento del medio ambiente se convierta en recurso se requiere que éste sea utilizado por el humano para promover su bienestar (Owen 1985; Spurr 1969). Los recursos naturales, como factores determinantes de la vida se convierten en consecuencia en el capital natural que sostienen los sistemas socioeconómicos (Miller 1997) y conducen al desarrollo económico que se suele identificar con el progreso humano (Potter 1971; WCED 1987).

Algunos recursos, como el suelo, agua, pastizal, bosques, etc., se encuentran directamente disponibles para su uso, sin embargo, la mayoría de los recursos no lo están y sólo se convierten en recurso cuando se hacen disponibles o usables mediante la aplicación del ingenio humano y de procesos técnicos que transforman materiales en recursos (Miller 1997; Sánchez et al. 1982), a pesar de que algunos (Randall 1981) catalogan a los factores procesados como **productos** y no como recursos.

Para comprender lo que debe entenderse por recurso natural, se requiere aplicar una **escala tiempo - espacio** (Delcourt et al. 1983; Osmond et al. 1980) que sirva como punto de referencia pues de lo contrario, se carece de la perspectiva necesaria para comprender el impacto del uso de los recursos por el humano (Hartwick y Olewiler 1986). El desuso de recursos naturales puede resultar en deterioros tan marcados que la recuperación se considera irreversible por

algunos, mientras que otros lo catalogan como reversible (Campos y Neavez 1980) y esto depende de la escala tiempo - espacio que se esté aplicando para su análisis. Considerando el lapso normal de vida del humano, la mayoría de los recursos debe ubicarse en la escala de metros a kilómetros y minutos a años, de tal manera que cualquier proceso que rebase esa escala trascenderá al mismo (Fig. 2.1).

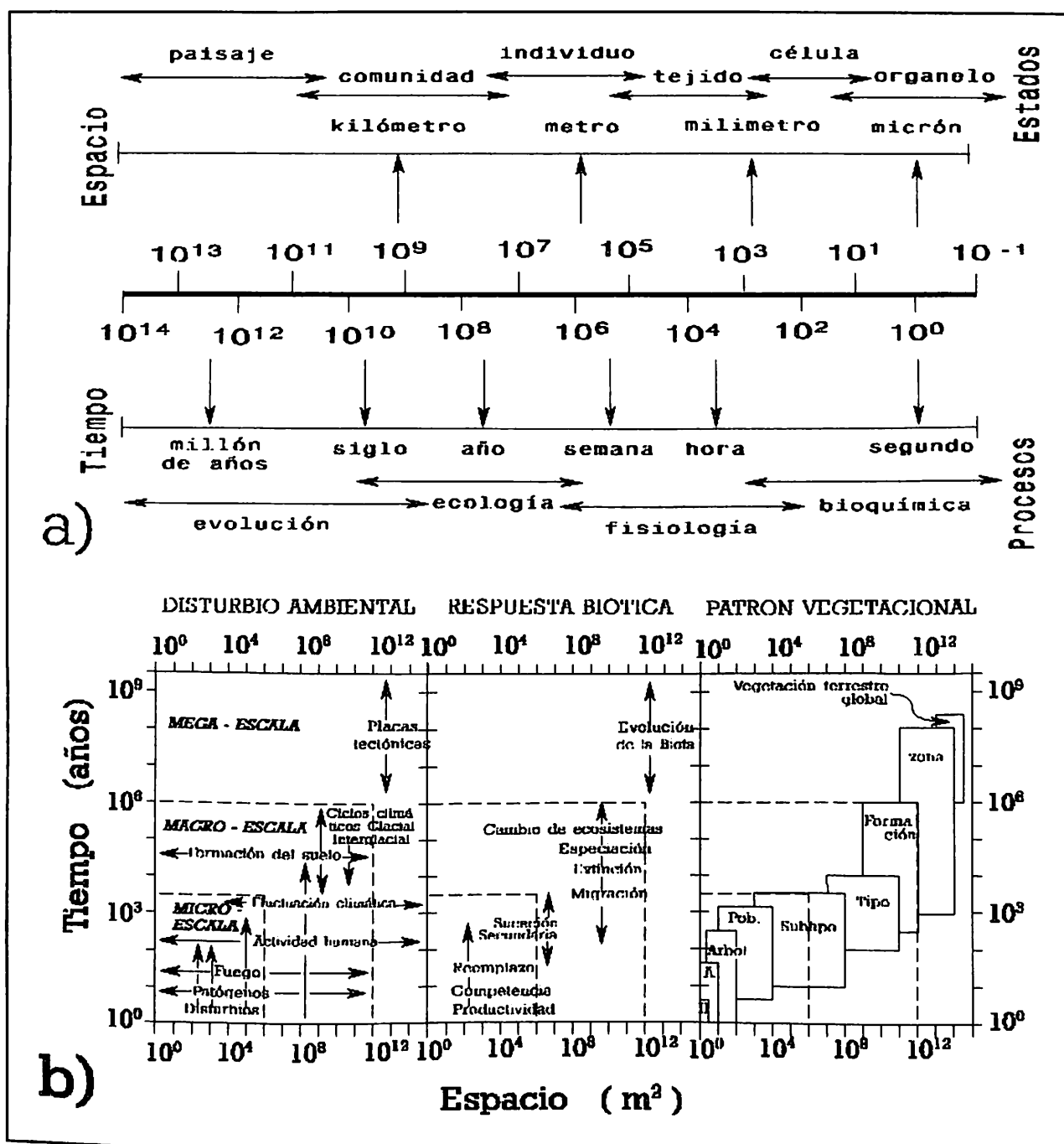


Figura 2.1 Escalas Espacio - Tiempo. a) Tomada de Osmond et al. (1980), b) Tomada de Delcourt et al. (1983).

Cuando el deterioro de un recurso es de tal magnitud y la recuperación es tan lenta que requiera más que años, se podrá considerar que ha rebasado el umbral de **renovabilidad** y pasará a la categoría de no renovable en la escala de tiempo de la vida del humano. Algunos recursos como el suelo, su proceso para renovarse es muy lento medido sólo en una escala geológica, necesitan cientos o miles de años. Se estiman que el desarrollo de 2.5 cm de suelo superficial a partir de roca basáltica o granítica, puede requerir de 200 a 1200 años (Lal 1990; Owen 1985). Otros recursos son irreversibles si se llega a un grado de **agotamiento** y se extinguen, tal es el caso de la diversidad biológica, que se considera como agotable (Fisher 1981) pero algunos recursos se pueden mantener siempre, reusándolos o reciclándolos. El agotamiento se relaciona directamente con la **escasez** de los recursos y constituye el reverso de la **sustentabilidad** de los mismos (Miller 1994).

RENOVABILIDAD

Por renovabilidad se entiende la capacidad de regenerarse o reabastecerse en una escala espacio-tiempo aplicable a la vida del humano. Este proceso se puede llevar a cabo por medio de procesos naturales o de manejo (Rees 1985; Pearce 1976). La madera sirve para ejemplificar, ya que el bosque puede regenerarse naturalmente pero esto ocurre lentamente por lo que sólo sería renovable a niveles muy bajos de consumo. Sin embargo, actualmente el bosque se usa bajo estrategias de extracción y a niveles de agotamiento por lo que se han aplicado técnicas de reforestación con el objeto de sostener la disponibilidad. Esto, *sensu stricto*, no es regeneración natural, sino producto de manejo (Rees 1985).

Con fundamento en la escala espacio-tiempo humana, los recursos se pueden dividir en dos tipos básicos, conocidos como **recursos de abasto** y **recursos de flujo**. Los recursos de abasto son aquellos que se formaron con anterioridad, habiéndose suspendido esa formación y en consecuencia se

encuentran disponibles en cantidades fijas, como el petróleo. Sin embargo, algunos recursos de abasto pueden ser reciclados o reusados, con lo que se puede prolongar e incluso sostener su uso como algunos minerales, el agua considerada en su totalidad, etc. (Rees 1985; Tietenberg 1992).

Los recursos de flujo son aquellos que se renuevan naturalmente. Debe distinguirse entre los que se regeneran indefinidamente, como la radiación solar y los que se ven afectados por las actividades del humano, como el agua potable y el aire en la biosfera pero que pueden ser renovados. En ambos casos, sin embargo, los recursos de flujo se caracterizan por que tienen que ser usados durante el período en el que están disponibles ya que no se pueden guardar para su uso en el futuro (Workman 1986), por otro lado, los recursos llegan a una zona crítica cuando el uso o consumo excede su capacidad de regeneración (Rees 1985; Tietenberg 1992). Por lo anterior resulta pertinente considerar estos tipos como los extremos en un continuo en lugar de verlos como entidades discretas (Rees 1985) (Fig. 2.2).

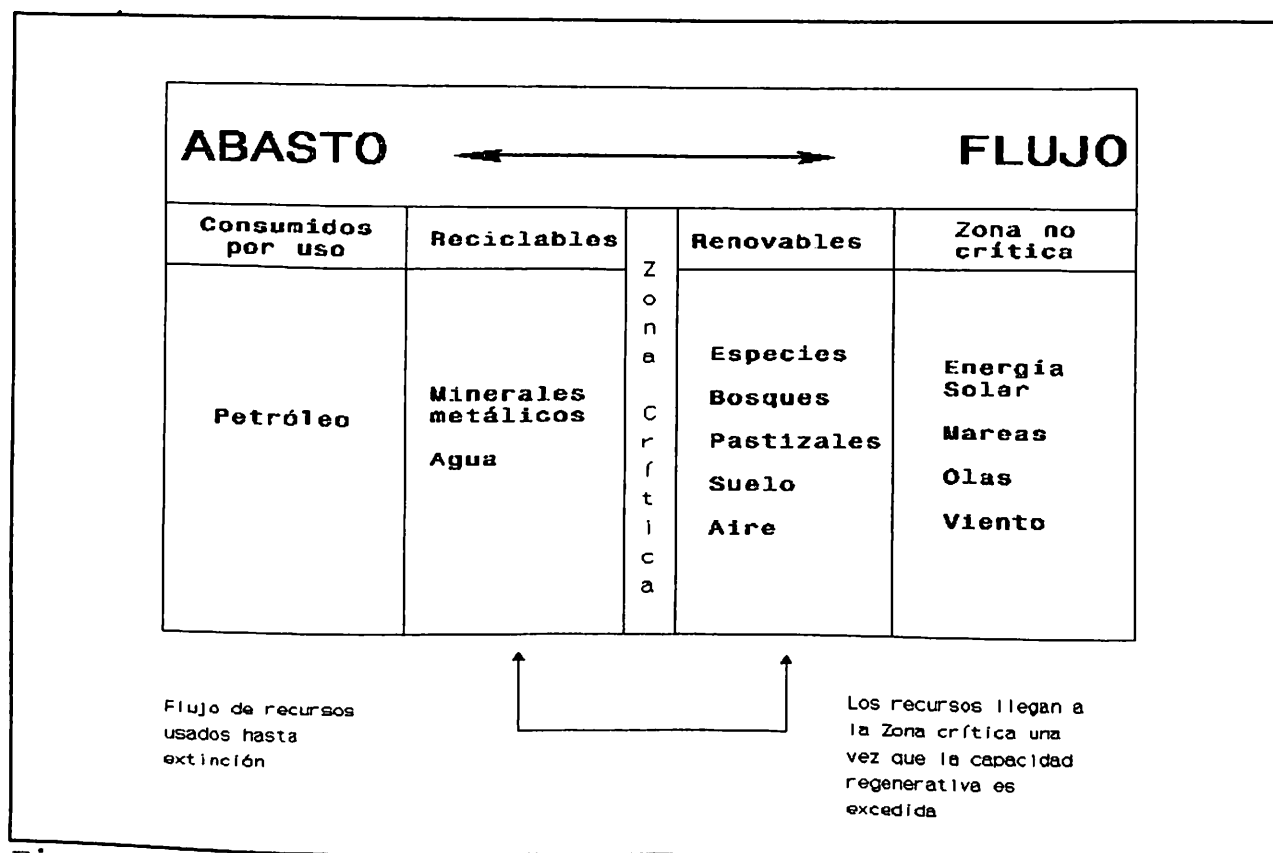


Figura 2.2 Recursos de abasto y recursos de flujo.

AGOTAMIENTO

Agotamiento es la fase que se alcanza cuando se extrae o usa el último abasto de un recurso que no se renueva naturalmente o cuando se excede la capacidad de regeneración (Rees 1985; Tietenberg 1992). En referencia a los recursos no renovables se suele considerar que estos alcanzan el agotamiento o **tiempo de agotamiento** cuando han sido extraídos o usados en un 80 por ciento del total conocido (Miller 1994; 1997; Owen 1985). En consecuencia, la tasa de uso o de consumo determina el tiempo de agotamiento de un recurso no renovable (Fig. 2.3), por ejemplo, a una tasa alta de consumo, suponiendo que no hay reciclado, reuso ni descubrimiento de reservas, el tiempo de agotamiento sería corto (Fig 2.3, curva A); suponiendo que imperen los factores anteriores además de mejorar la tecnología de extracción y poner precios altos, el tiempo de agotamiento tardaría un poco mas en llegar (Fig. 2.3, curva B); sin embargo, para prolongar el tiempo de agotamiento o incluso sostener el uso en algunos recursos (véase Fig. 2.2) es necesario reducir el consumo, además reciclar, reusar, mejorar la tecnología de extracción, descubrir nuevas reservas y poner precios altos (Miller 1994; 1997).

ESCASEZ

La **escasez** se presenta cuando las necesidades humanas generan **demandas** que exceden la disponibilidad de un recurso (Barnett y Morse 1963; Cramer y Jensen 1988; Tietenberg 1992). Un recurso es escaso si existe una demanda rival para su uso y un bien es escaso si requiere un insumo de recursos escasos para su producción o si el bien mismo tiene demandas rivales (Lowe y Lewis 1980), de tal manera que su uso en un período produce o aumenta el grado de escasez de ese recurso en períodos subsiguientes (Tietenberg 1992). El aire es escaso porque se usa como un bien que se disfruta en áreas limpias y como recipiente para descargas de sustancias tóxicas resultante del proceso de producción de bienes

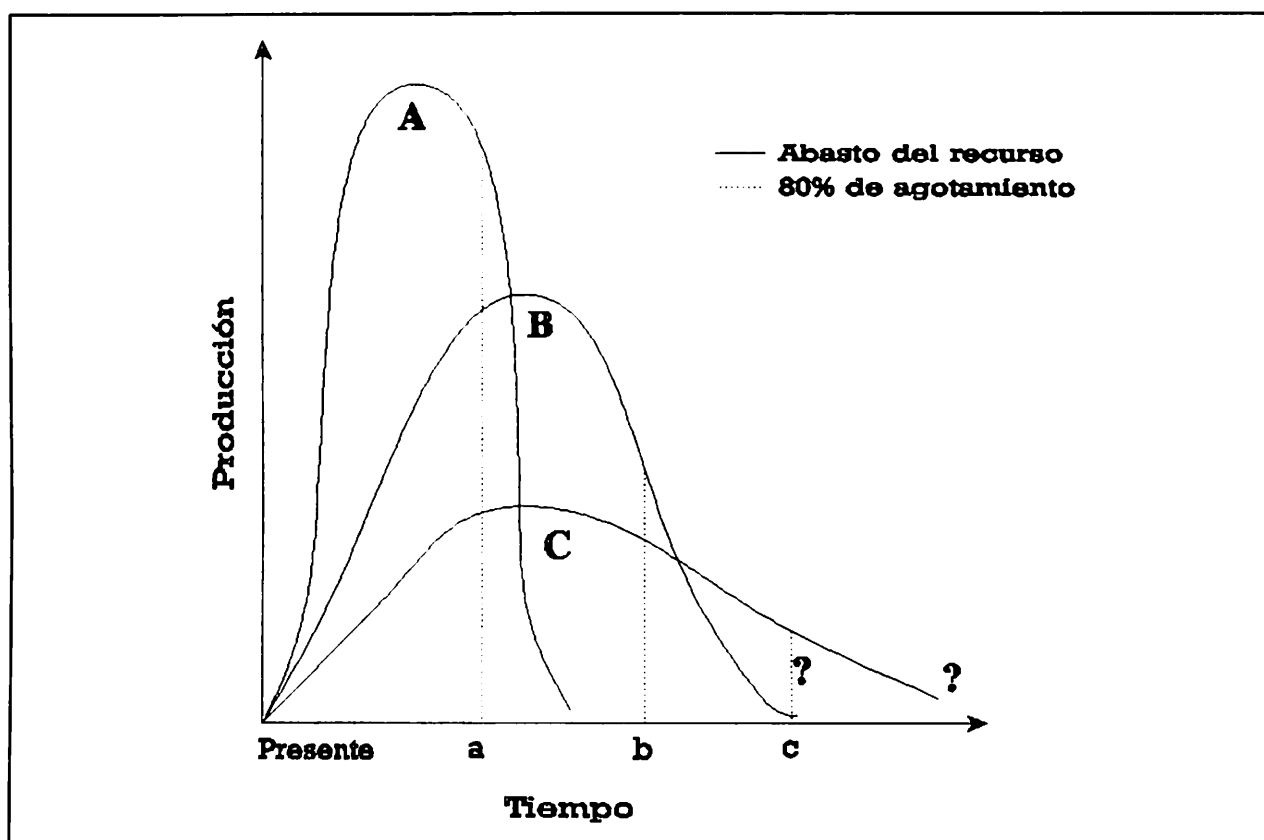


Figura 2.3 Curvas de agotamiento para un recurso no renovable, usando tres suposiciones diferentes. Adaptado de Miller (1997).

manufacturados y en consecuencia tiene que decidirse cual de los usos alternativos o rivales se le dará (Lowe y Lewis 1980).

Las **reservas**, consideradas como las cantidades conocidas de un recurso que pueden ser obtenidas o producidas lucrativamente en base a precios y tecnologías actuales, son uno de los mejores indicadores de escasez ya que se pueden comparar con **consumo** como índice de **agotamiento** (Brobst 1979; Fisher 1981). La escasez se puede mitigar por exploración y descubrimiento, por procesamiento tecnológico y por sustitución (Tietenberg, 1992). Además se considera que la escasez puede ser de dos tipos, **escasez base** y **escasez económica**. La escasez base se presenta cuando la oferta de un recurso es insuficiente para permitir a los humanos llenar los estándares base o mínimos de vida, mientras que la escasez económica se presenta cuando la demanda de un recurso es mayor que la oferta al precio actual (Rees 1985).

SUSTENTABILIDAD

Sustentabilidad o sostenibilidad (Ramírez 1995; Velásquez *et al.* 1995; FAO 1991) se ha aplicado consistentemente a sistemas agrícolas (Edwards *et al.* 1990), sin embargo debe ampliarse en perspectiva de tal manera que abarque los sistemas más complejos de recursos naturales (NRC 1991). Consiste en aplicar estrategias de uso y manejo que garanticen un nivel de aprovechamiento y permanencia de los recursos naturales que asegure la continua satisfacción de las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (FAO 1991; NRC 1991; SARH 1993; Velásquez *et al.* 1995; WCED 1987). Conlleva la perpetuación o sostenimiento de los recursos.

El concepto de sustentabilidad no es nuevo y aparece implícita y explícitamente en los objetivos de diversas disciplinas tales como el manejo de pastizales, silvicultura y manejo de fauna silvestre, por lo que se suele tomar como un concepto sencillo de comprender y fácil de alcanzar, sin embargo, tiene implicaciones económicas, sociales y políticas que en la realidad, lo tornan extremadamente complejo.

En el contexto político, se ha considerado a la agricultura como el proceso biológico clave para la humanidad (Hodges 1978; Katz 1984) debido a que es el medio por el cual se provee alimentos. Sin embargo, frecuentemente se pasa por alto que el constante incremento poblacional impone un incremento en producción para satisfacer las necesidades de esa población, a pesar de la disponibilidad limitada de los recursos y el incremento en costos de producción, lo que ha redundado en una severa degradación de los recursos, particularmente el suelo y el medio ambiente en general (Green 1981; Miller 1994; Pimentel *et al.* 1987; Ruttan 1988; Shoard 1980).

Desde el punto de vista social tiene que considerarse que el uso de los recursos depende en gran parte de patrones culturales (Miller 1994) entre los que debe destacarse la postura del *Homo sapiens* en relación con las demás especies, ya que su visión antropocéntrica ha traído como consecuencia

la extinción acelerada de numerosas especies, y ha comprometido como consecuencia la biodiversidad y la estabilidad de numerosos ecosistemas (Harwood 1990; Miller 1994).

Económicamente hablando, tiene que considerarse que cuando un recurso tiende a agotarse lo hace tanto ecológica como económicamente por lo que debe propiciarse una transición hacia la sustentabilidad económica, integrando la teoría económica a la ecológica, de tal manera que se aplique el sistema económico en el cual el número de personas y la calidad de bienes son mantenidos a un nivel constante. Este nivel es ecológicamente sostenible todo el tiempo y satisface al menos las necesidades básicas de todos los miembros de la población. En otras palabras, es la más alta tasa a la cual un recurso renovable puede ser usado sin disminuir su potencial para renovarse (Miller 1994; Nebel y Wright 1993).

CONSERVACION

Conservar es mantener una cosa o cuidar de su permanencia (RAE 1984). La conservación en el sentido mas amplio, es probablemente el concepto más importante de la ecología. Desafortunadamente el término sugiere "atesoramiento" y se ha interpretado como **no uso** de los recursos (Nebel y Wright 1993; Odum 1959), el cual corresponde en realidad al término **preservar** que significa poner a cubierto anticipadamente (RAE 1984), es decir, antes de que se use.

Conservación implica uso sensato o regulado, manejo planeado de los recursos naturales (Brewer 1988; Cramer y Jensen 1988), de tal modo que no sean degradados o agotados y estén disponibles para el uso de las generaciones presentes y futuras. Se desarrolla en el marco del uso múltiple y la sustentabilidad de los recursos (Miller 1994; Nebel 1987; Nebel y Wright 1993; Usher 1973). También se aplica para referirse a la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras (Sánchez *et al.*

1982). La conservación propicia la sustentabilidad y al que la practica o aplica se le denomina **conservacionista** (Miller 1994; 1997). **Preservación**, en contraste, implica proteger sin importar su utilidad potencial y al que aplica este principio de no uso se le conoce como **preservacionista** (Miller 1994; Nebel y Wright 1993). A las personas interesadas principalmente en impedir la contaminación y degradación de los recursos se les conoce como **ambientalistas** (Enkerlin et al. 1997), y generalmente se les puede identificar con los conservacionistas. Una vez estipulado todo lo anterior se puede desarrollar una taxonomía de los recursos.

CLASIFICACION DE RECURSOS

Los recursos naturales varían grandemente en cantidad, ubicación, grado de deterioro, escasez, agotamiento y renovabilidad, no obstante, la clasificación de los recursos naturales se ha basado en esquemas rígidos que ubican a los recursos como entidades fijas (CEPAL 1975; Owen 1985), sin embargo, la diferencia entre recursos agotables y renovables no siempre es clara ya que algunos recursos agotables se pueden reciclar y por lo tanto renovar y algunos recursos renovables se pueden agotar (Fisher 1981). La consideración de la escala tiempo - espacio permite incluir el criterio de renovabilidad de tal manera que se agreguen categorías tal y como potencialmente renovable para aquellos que puedan perder esa caracterización por desuso. A estos se les ha llamado también recursos renovables agotables (Fisher 1981; Owen 1985; Randall 1981).

Las reservas por estar disponibles pueden considerarse como factores de la producción o **recursos económicos**, pero los elementos, factores o bienes que son desconocidos, aquellos que requieren procesamiento y aquellos a los que no se les ha encontrado un uso, no son recursos ya que carecen de **valor** (Randall 1981; Salvatore 1974; Tietenberg 1992) por no encontrarse disponibles, por otra parte, una vez que un factor se ha agotado deja de ser un recurso (Gallopín 1976). Estos criterios pueden redondearse de tal manera que se

presenta mayor flexibilidad si los recursos se clasifican como se describe a continuación (U.S. Bureau of Mines 1976) (Fig. 2.4):

- a) desconocido.
- b) conocido o identificado.
 - 1. demostrado.
 - 2. inferido.
- c) agotado



Figura 2.4 Clasificación general de los recursos.

Basado en lo anterior, los recursos conocidos o identificados a su vez se pueden clasificar de la siguiente manera:

INAGOTABLES

1. Energía atómica.
2. Energía eólica.
3. Energía de las mareas.
4. Energía solar.
5. Energía hidráulica de corrientes superficiales.
6. Precipitación pluvial.
7. Aguas de los océanos.
8. Atmósfera.
9. Roca

AGOTABLES

A. POTENCIALMENTE RENOVABLES.

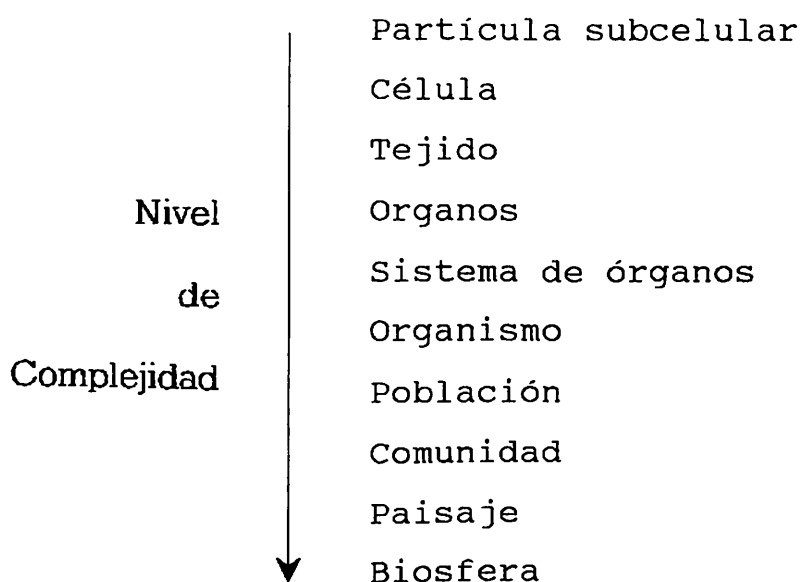
1. Aguas en condiciones de aprovechamiento
2. Fertilidad del suelo.
3. Productos de la tierra.
 - Productos agrícolas.
 - Bosques.
 - Pastizales.
 - Fauna silvestre.
4. Productos de lagos, corrientes y océanos.
5. Población humana
6. Energía humana.
7. Ciertos minerales del suelo
8. Paisaje natural
9. Suelo

B. NO RENOVABLES.

1. Combustibles fósiles.
2. Minerales no metálicos.
3. Metales.
4. Especies
5. Ciertos tipos de ecosistemas
6. Gran parte del agua del subsuelo

ECOSISTEMA

Para entender y delimitar lo que se entiende por ecosistema hay que considerar sistema dentro del concepto de los **niveles de integración** (Krebs 1985; Odum 1959; Rowe 1961; Van Dyne 1969), tal y como se describe a continuación:



Cuando se pasa de un nivel de integración al siguiente (Edson y Foin 1981; Krebs 1985; Salt 1979) aparecen **características o propiedades emergentes** que sirven para definir esos niveles, los cuales están dispuestos en arreglo jerárquico (Odum 1959) y sirven para introducir el concepto de **estructura jerárquica**, según la cual un nivel cualquiera está contenido en el siguiente, con el consecuente incremento en complejidad al pasar de un nivel a otro (Fig. 2.5) y la obvia

interacción entre niveles jerárquicos (Greene 1987; Grobstein 1972; Odum 1959).

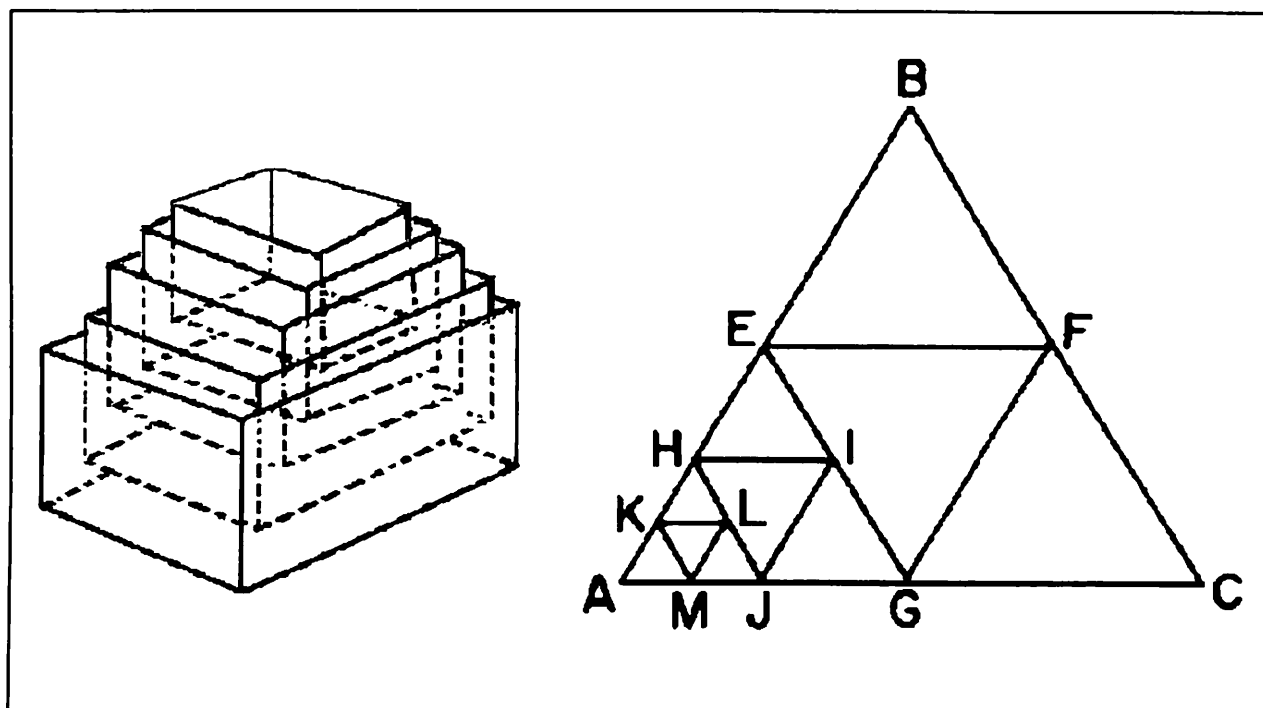


Figura 2.5 Estructura jerárquica.

Como consecuencia de lo anterior también surge el **ecosistema** o **sistema ecológico**, como aquel sistema que resulta de la integración de los elementos **vivientes** o **bióticos** y los **no vivientes** o **abióticos**, implicando un complejo de organismos y medio ambiente que interactúan para formar una entidad o unidad funcional (Van Dyne 1969). Se considera al ecosistema como la unidad básica en ecología caracterizada por interacciones en las que el deterioro de una parte afecta a todas las demás (Evans 1956).

Entre los componentes **abióticos** se encuentran el fuego, la parte no viviente del suelo y el clima formado entre otros factores por el agua en diversos estados tales como la precipitación (líquido) o la humedad (gaseoso) y la energía incluyendo la temperatura del aire. De esos componentes, el agua, el suelo y el aire son de enorme importancia, no solo como recursos indispensables para el humano, sino además como componentes de los ecosistemas, en cuyo caso se constituyen en medio ambiente y en ese contexto el agua se denomina **hidrósfera**, el aire **atmósfera**, el suelo **pedósfera** y la roca **litósfera** (Barbour et al. 1987; Larcher 1983; Miller 1997).

La hidrósfera como ambiente de la biota acuática se tratará en el capítulo de biomas acuáticos.

Como recursos, el suelo, aire y agua serán descritos y analizados en la forma de capítulos subsecuentes, sin embargo el clima no es en sí un recurso por lo que se describirá en seguida como factor determinante de la biota. Por clima se entiende las condiciones atmosféricas prevaescentes en un área dada a lo largo de un periodo prolongado de tiempo (Trewartha 1968) y debe distinguirse del estado del tiempo ya que este último se refiere a las condiciones atmosféricas que se presentan en un momento y lugar dado (Sprague 1959). El estado del tiempo es un evento meteorológico concreto que resulta de la incidencia de un conjunto de elementos atmosféricos, sin embargo, el clima no existe como tal, ya que resulta de la aplicación de análisis estadísticos a las condiciones que se presentan en un lugar a lo largo del tiempo y se puede considerar como una abstracción, por lo que se le ha definido también como una síntesis del estado del tiempo (Anthens 1992; Henderson-Sellers y Robinson 1986; Huschke 1959).

El estado del tiempo se caracteriza por ser dinámico ya que cambia con el transcurso del día y con el paso de las estaciones a través del año. En contraste, el clima es una característica relativamente constante ya que permanece como tal a pesar de los cambios en el estado del tiempo. Por ejemplo el clima de un lugar no deja de ser árido por que en un momento dado esté lloviendo. Esto no implica, sin embargo, que sea inmutable ya que puede cambiar como producto de modificaciones progresivas a través de periodos de tiempo en la escala geológica (Miller 1997; Strahler 1966) o como resultado de modificaciones extremas y muy poco frecuentes en el estado del tiempo (Chew 1982).

Tradicionalmente se incluye al ecosistema como un nivel de integración ubicado después de comunidad, implicando con esto que existe de hecho una unidad específica denominada ecosistema, sin embargo, esto ha resultado conceptualmente limitante (Engelberg y Boyarsky 1979; Jordan 1981). Los ecosistemas se definen arbitrariamente dependiendo de lo que se esté estudiando de tal manera que el concepto de ecosiste-

ma se usa para demostrar las interacciones o interdependencias entre los componentes de un sistema en lugar de limitarse a delimitar un conjunto específico de organismos en una área geográfica dada (Begon et al. 1986; Odum 1971).

Por lo anterior resulta necesario aplicarlo de una manera más amplia para que incluya otros niveles de integración (Evans 1956) ya que **sistema** es cualquier conjunto de partes que interactúan para llevar a cabo una función. Con fundamento en lo anterior se puede apreciar que una célula es un ecosistema, lo mismo que un organismo, y se puede constatar que no existe un nivel específico denominado ecosistema, por lo que este debe aplicarse como un concepto pero no como un nivel específico de integración. En substitución del ecosistema como nivel de integración, recientemente se ha aplicado el término **paisaje** para definir al conjunto de comunidades que interactúan y que resultan de diferentes **regímenes de disturbio** (Forman y Gordon 1986; Naveh y Lieberman 1984). Entre los recursos que forman el patrimonio natural, el paisaje destaca por su importancia como un sistema complejo geomorfológico, local, climático, hidrológico y biológico representado por un territorio (González 1981). Es una área heterogénea de la tierra compuesta de un grupo de ecosistemas interaccionados que son repetidos en forma similar en todas partes (Forman y Godron 1986), en consecuencia, el paisaje es la expresión espacial de un ecosistema. Por lo anterior el concepto de ecosistema es útil directa e indirectamente en el manejo de los recursos naturales renovables como bosques, pastizales, cuencas, fauna silvestre, etc. (Lutz 1963).

Como entidad funcional el ecosistema se caracteriza por ser un sistema abierto que comprende las plantas, los animales, los residuos orgánicos, los gases atmosféricos y el agua del suelo con sus minerales, mismos que en conjunto se encuentran involucrados en el flujo de energía (entrada, conversión y paso de energía a través de organismos) y en la circulación de materia (Evans 1956; Hanson 1962). Desde un punto de vista trófico el ecosistema consta de un elemento **autotrófico** que usa sustancias inorgánicas y fija energía mediante fotosíntesis y un elemento **heterotrófico** que

utiliza, reacomoda y descompone las sustancias complejas (Odum 1972). Los ciclos se llevan a cabo de acuerdo con la siguiente estructura (Odum 1972) (Fig. 2.6):

1. Componentes abióticos (fuego, suelo y clima)
2. Productores (autótrofos, fotosintéticos)
3. Consumidores (heterótrofos)
 - a) Primarios o directos (herbívoros)
 - b) Secundarios o indirectos (carnívoros)
4. Desintegradores (microorganismos heterótrofos)
5. Manipuladores (humano).

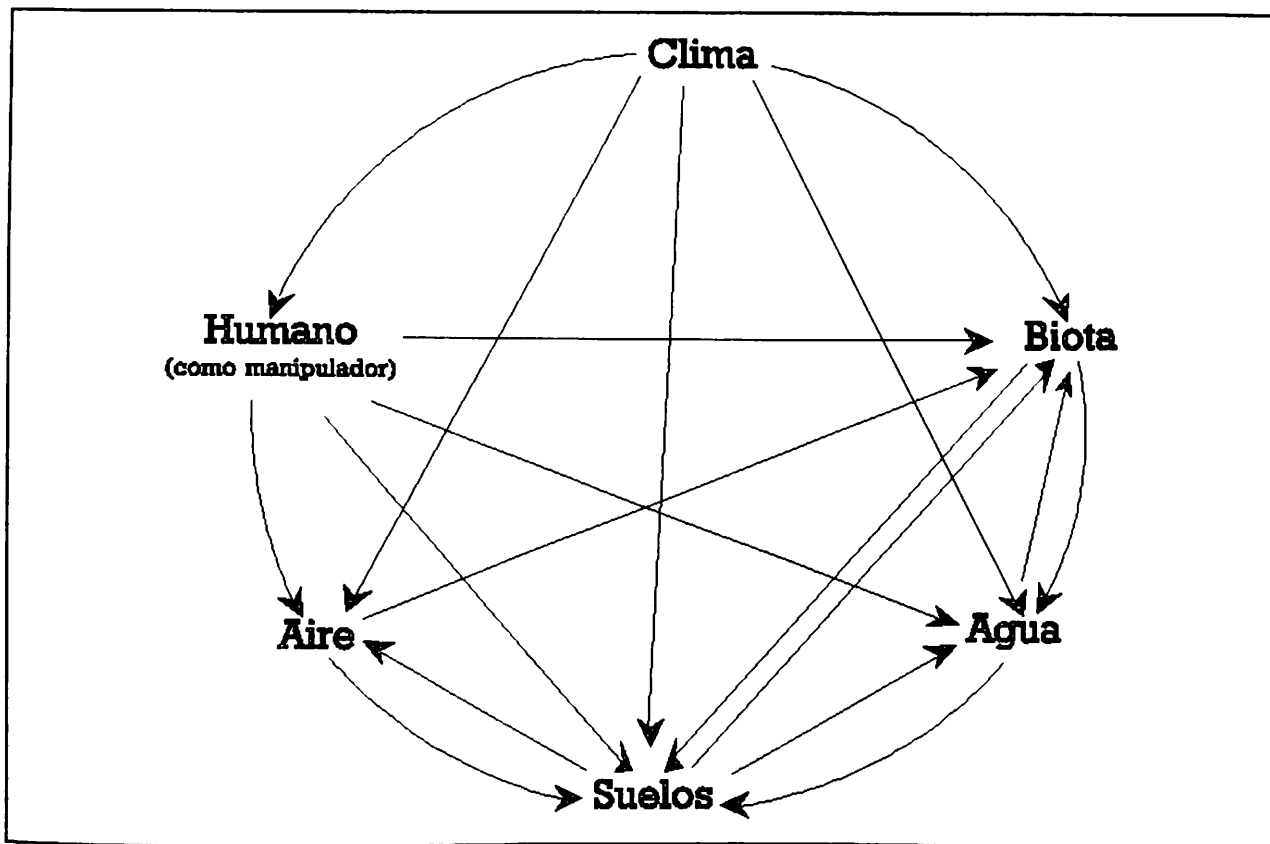


Figura 2.6 Elementos de un ecosistema.

ENERGIA

Es la capacidad para producir trabajo (Odum 1959; Smith 1986). En contraste con la materia, la energía no ocupa espacio, ni tiene masa, pero todas las formas de energía

tienen propiedades en común: el cambio en materia puede involucrar un cambio en posición o movimiento, o puede involucrar un cambio en el estado como el cambio de agua a vapor al agregar calor (Nebel 1987).

La energía se divide en dos grandes categorías (Nebel 1987; Miller 1994): energía cinética y potencial. La primera es energía en acción o movimiento, mientras que la segunda es energía almacenada o inactiva, tiene la capacidad o potencial para liberar una o mas formas de energía cinética. Además se conocen cuatro formas más (Baker y Allen 1974): energía química, eléctrica, radiante y atómica, esta última tiene poca relación directa con el funcionamiento normal de los organismos.

El comportamiento de la energía lo describen las leyes de la termodinámica. La primera ley de la termodinámica dice que la energía puede transformarse de una clase en otra, pero nunca se crea o se destruye (Odum 1959). Esta ley proporciona un modelo útil para estudiar las transformaciones de energía en los sistemas vivientes (Baker y Allen 1974). La segunda ley de la termodinámica establece que cada conversión de energía involucra una pérdida de energía (Nebel 1987).

CONTAMINACION

La contaminación o polución es un cambio, causado por la adición de cualquier sustancia o energía al medio ambiente (abiótico y biótico), en dosis (concentración por tiempo) tales que produzca efectos adversos sobre los organismos o materiales que se encuentren expuestos a dicho cambio (Chiras 1991; Enkerlin et al. 1997; Miller 1994; 1997; Nebel 1987; Nebel y Wright 1993; Sánchez et al. 1982; Turk et al. 1972). La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (1994) define la contaminación como la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico, sin embargo puede haber desequilibrio ecológico sin contaminación.

Por contaminante se entiende cualquier elemento,

sustancia, energía u organismo que en cantidad suficiente, es capaz de provocar, en forma directa o indirecta, mediata o inmediata, efectos no benéficos al humano o sus recursos (Sánchez et al. 1982). Es toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural (LGEEPA 1994).

El material contaminante puede provenir de **fuentes naturales** como las erupciones volcánicas, los incendios forestales y la salinización en cuencas cerradas, o de **fuentes antropogénicas** como la combustión de combustibles fósiles que contribuyen a formar el *smog* en el aire o los fertilizantes y pesticidas en el suelo, con la consecuente adición de nutrientes en el agua que reducen la disponibilidad de oxígeno para los organismos, proceso denominado **eutroficación** (Chiras 1991, Miller 1994; 1997; Nebel 1987; Nebel y Wright 1993; Turk et al. 1972). Los contaminantes naturales provienen de fuentes dispersas o eventos infrecuentes y por lo tanto no representan amenazas a largo plazo, al contrario de los contaminantes antropogénicos cuyas emisiones se concentran en áreas urbanas, industriales o de agricultura industrial y por lo mismo se manifiestan de forma intensa en esas áreas, pero contribuyen a producir efectos a largo plazo y a escala global (Chiras 1991, Miller 1997).

Algunos contaminantes provienen de una fuente única e identificable y se denominan **de fuente definida**, por ejemplo la descarga de aguas residuales de una ciudad que contamina un río o el escape de un automóvil que contamina el aire. Otros contaminantes, se originan en áreas grandes o dispersas por lo que es difícil identificar de donde provienen como la contaminación que produce una región agrícola mediante sus fertilizantes y pesticidas o la que produce la industria en una ciudad. A esto se le conoce como **fuentes no definidas** (Miller 1997; Nebel y Wright 1993). En este sentido la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA 1994) señala **fuentes fijas** y **fuentes móviles**, y describe como ejemplo de estas fuentes las chimeneas de las fábricas y los escapes de los automóviles respectivamente,

sin embargo ambas caen en la categoría de fuentes definidas.

La mayoría de los contaminantes son antropogénicos y la severidad de sus efectos está determinada por su naturaleza, concentración y persistencia (Miller 1997). Por su naturaleza de los contaminantes pueden ser **biológicos**, como los microorganismos patógenos y las especies exóticas; **químicos** como los pesticidas y fertilizantes; **físico**, factores físico-mecánicos relacionados principalmente con la energía, por ejemplo, altas temperaturas, ruido, ondas electromagnéticas (Voguel y Rivas 1997). Por otro lado, la severidad de los efectos depende directamente de la cantidad por volumen o concentración y de su persistencia, de acuerdo con la cual los materiales pueden ser **biodegradables** o **degradables** cuando son naturalmente descompuestos o reducidos a niveles aceptables por el medio ambiente como las aguas negras, **lentamente degradables** cuando necesitan mucho tiempo para ser degradados como los plásticos, y **no degradables** cuando no pueden ser degradados por procesos naturales como el mercurio y el plomo (Miller 1994; 1997; Nebel y Wright 1993; Sánchez et al. 1982).

IMPACTO AMBIENTAL

La mayoría de las actividades humanas originan cambios sobre el ecosistema. A esa modificación del ambiente ya sea benéfica o perjudicial, ocasionado directa o indirectamente por la acción humana se le denomina **impacto ambiental** (Zimmermann 1983; LGEEPA 1994; Sánchez 1982) o **impacto ecológico** (INEGI 1995). La falta de interés sobre las consecuencias ambientales de grandes proyectos de desarrollo, ha demostrado ser muy costosa. En el caso de proyectos forestales y agrícolas mal concebidos, el impacto más dramático y universal es la pérdida de la productividad del suelo (Zimmermann 1983), por otro lado, la urbanización ha aumentado la degradación de la capa superficial del suelo, de los bosques, de los pastizales y de la fauna silvestre, contribuyendo históricamente a la desaparición de antiguas civilizaciones (Chiras 1991; Miller 1994).

En la actualidad las sociedades industrializadas avanzadas han intensificado estos problemas ambientales debido a los recursos usados y la contaminación generada por unidad de recurso consumido, los cuales son tratados a tres niveles (Miller 1997): por ejemplo, a nivel local, contaminación del agua subterránea con contaminantes tóxicos; nivel regional, daño a los bosques y degradación de lagos debido a la contaminación del aire; nivel global, posible cambio climático por la acumulación atmosférica del dióxido de carbono y otros gases así como el agotamiento de la capa de ozono. Por lo anterior, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente establece que todas las personas físicas o morales que lleven a cabo obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrios ecológicos tienen que llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental (LGEEPA 1994).

BIODIVERSIDAD

La **diversidad biológica** es un concepto amplio que se refiere a la variedad de formas de vida en general (Murphy 1988; Ray 1988; Miller 1994; Wilson 1988; 1992). Comprende tres aspectos fundamentales (Miller 1997; Redford 1994):

- Diversidad genética, que representa la variedad a nivel de genes entre individuos.
- Diversidad de especies, que representa la variedad de especies a nivel local, regional o global.
- Diversidad ecológica, que representa la variedad implícita en los ecosistemas (comunidades y paisajes).

Recientemente se ha aplicado el término **biodiversidad** para referirse a la diversidad de especies considerada como un recurso global para ser usada y sobre todo conservada (Wilson 1988; 1994) y en ese contexto representa la suma total de todas las plantas, animales, hongos y microorganismos en el mundo, o en una área en particular (Raven 1994). La biodiversidad se ha considerado tradicionalmente como un elemento esencial para proveer estabilidad y equilibrio en los ecosistemas, señalándose que a mayor diversidad mayor

estabilidad (Pimm 1984). La biodiversidad resulta de los procesos evolutivos globales y se ve afectada normalmente por procesos catastróficos como sucedió con las extinciones masivas de fines del cretácico (Kurten 1968).

Las condiciones actuales, por otro lado, en las que la tecnología ha producido severas contaminaciones y la creciente población humana está agotando recursos y destruyendo hábitats, se han propiciado las condiciones para la **extinción** de especies, estimándose que tan sólo en el trópico se extinguen 50 000 especies por año, es decir, 140 por día (Ryan 1992; Wilson 1988). La pérdida de diversidad genética también se está perdiendo como resultado de la deforestación de bosques templados (NRC 1991b) y por la tendencia a generar monocultivos de especies introducidas en pastizales (West 1993), requiriéndose fortalecer los programas de **áreas naturales protegidas** que sirvan como refugio para especies en peligro de extinción (INEGI 1995; Ryan 1992).

LEGISLACION

Legislación es el conjunto o cuerpo de leyes por las cuales se gobierna un Estado, o una materia determinada (RAE 1984) y por lo tanto regulan todas las actividades que influyen en la vida social (Aguilar y Mendoza 1982). Como marco general en materia de recursos naturales se cuenta con el Artículo 27 de la Constitución Mexicana, la cual señala que la propiedad de las tierras y aguas corresponden a la Nación, y que ésta se reserva el derecho de imponer las normas que exija el interés público para el aprovechamiento de los recursos naturales para evitar su daño o su destrucción, con el fin de obtener una distribución de la riqueza pública en beneficio de la sociedad. Estas normas incluyen los bosques, agua, fauna, minerales y petróleo entre otros (PA 1993). Entre los materiales a considerar deben señalarse además de la Legislación Agraria (PA 1993), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus reglamentos (LGEEPA 1994), La Ley Forestal y su reglamento (SARH 1993; 1994), la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento (CONAGUA

1992; RLAN 1994).

POLITICAS

Política es un curso de acción planeado para alcanzar algún objetivo (Thompson et al. 1994; Weeks 1992), además está relacionado en el proceso de toma de decisiones (Bryner 1993; Rees 1985) por el cual los individuos o grupos de ellos tratan de influir o controlar las políticas y acciones de los gobiernos (Miller 1997).

Hay tres tipos de políticas básicas (Bryner 1993): política distributiva, redistributiva y regulatoria. La política distributiva incluye permisos y subsidios que dan protección a ciertos intereses contra competencia y asegura o provee beneficios directos. Ejemplo de esta política son concesiones para establecer programas y equipo de control de contaminación. La política redistributiva esta relacionada con la economía y la sociedad, Incluye acciones del gobierno que afectan los impuestos, el crédito, la seguridad social, etc. La política regulatoria busca cambiar el comportamiento individual directamente imponiendo normas, involucra un complejo de decisiones técnicas o áreas donde las acciones de la política no son fáciles de determinar.

Además, hay políticas particulares, esto es, políticas de orden ambiental, agrícolas, industriales, poblacionales, etc. (Miller 1997; Sánchez et al. 1982; Thompson et al. 1994; Weeks 1992) de las cuales la protección al medio ambiente ha sido la principal política que concierne a todos los niveles de gobierno (Bryner 1993). En México, la formulación y conducción de la política ecológica debe realizarse en un marco de aprovechamiento óptimo y sostenido de los ecosistemas y sus componentes, garantizando el equilibrio, integridad, diversidad y renovabilidad de los mismos. Además, para su diseño y aplicación se requiere conocer las interrelaciones de los ecosistemas y sus componentes, incluyendo al ser humano en su dimensión social (LGEEPA 1994).

CULTURA

Cultura es el patrón integrado de comportamientos, conocimientos y creencias que los humanos generan y reciben en su sociedad en un momento histórico dado. En una comunidad la constante convivencia entre individuos define necesidades sociales específicas (Sánchez 1969; Push 1979) que producen interacciones y comportamientos que se repiten, dando lugar a usos y costumbres que por hábito se dan por hecho y se tornan aceptados con el paso del tiempo (Larroyo 1961). Estos patrones de conducta adquieren el carácter de símbolos y se convierten en tradiciones que se acumulan en una sociedad e influyen a un nivel que trasciende a la conciencia (Hall 1959; 1969; Hernández 1989) y una generación las empieza a transmitir a la siguiente, de tal manera que el aprendizaje de la cultura de los individuos empieza al nacer (Bennett 1990; Gollnick y Chinn 1990) definiendo la forma en que perciben al mundo y a la realidad (Hernández 1989), convirtiéndose en una fuerza determinante en el uso de los recursos naturales.

La cultura determina la forma en que el *Homo sapiens*, como sociedad, se relaciona con su medio ambiente. En las culturas más antiguas el medio ambiente predominaba sobre lo demás, estaban basadas en un profundo respeto a la tierra y a los animales, pero al evolucionar se han desprendido de sus entornos físicos y en consecuencia la apreciación de sus relaciones con éste han cambiado. Tal como lo describió el jefe indio Sealth en 1855 y de cuya carta se transcribe un párrafo (Miller 1994):

"Todo lo que le ocurra a la tierra, le ocurrirá a los hijos de la tierra. El hombre no tejó la trama de la vida; él es sólo un hilo. Lo que hace con la trama se lo hace a sí mismo"

O como en otra parte del mundo, el pueblo keniano aplica el siguiente proverbio:

"No poseemos la tierra, sólo la tenemos prestada de nuestros hijos"

En particular el rol de la cultura es muy fuerte y continúa determinando su postura respecto al medio ambiente, de ahí que muchos aspectos de la interacción humano-naturaleza resulta en patrones irracionales de uso de recursos, principalmente en las sociedades industriales y no industriales (Saarinen 1969; Simmons 1974). Por lo que se tiene que enfatizar la generación de una **cultura ecológica** que al promover la conservación redunde efectivamente en la sustentabilidad y que además cualquier cambio substancial implique cambios de actitud respecto al uso racional de los recursos (Commoner 1972; Goldsmith et al. 1972).

ETICA

El término ética proviene del griego **ethos** que significa costumbre, es decir, el conjunto de hábitos y usos que se adquieren por repetición (RAE 1984). Tradicionalmente se le considera como la parte de la filosofía, que trata de la moral y de las obligaciones del hombre, pero en un contexto ecológico resulta preferible considerarla como una ciencia en sí misma que estudia las reglas que deben seguirse para hacer el bien y evitar el mal (Miller 1994; Sánchez 1969).

Por lo anterior, el objetivo de la ética son las obligaciones y los valores humanos y en consecuencia no toma en cuenta simplemente lo que los individuos o grupos de individuos hacen y cómo se comportan, sino lo que "deberían" de hacer y cómo "deberían" de comportarse (Dyck 1973; Pojman 1989), todo en términos estrictamente históricos (Potter 1971; Sánchez 1969) y en relación con las normas de conducta establecidas (Callahan 1988; Castro 1987) por una sociedad o cultura.

La complejidad en la sociedad actual con la irreversible tendencia a la globalización ha convertido en imperativa la necesidad de consolidar una forma de pensamiento ético más flexible y realista, que permita confrontar y ayude a

resolver situaciones o morales históricas concretas de tal manera que se vincule al pensamiento ético con la vida real y se incluyan los elementos sociales, económicos y políticos necesarios para conformar una teoría ética de cuyo análisis surjan sus conceptos fundamentales (Sánchez 1969). La ética ambiental o ecológica se fundamenta en principios de conservación y sustentabilidad (Chiras 1991; Leopold 1969; Miller 1994).

LITERATURA CITADA

- Aguilar A., E. Mendoza. 1982. Legislación Agropecuaria. Editorial Limusa. México.
- Anthens, R.A. 1992. Metereology. 6 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- Baker, J.J.W. and G.E. Allen. 1974. Matter, Energy, and Life. Adison-Wesley Publishing Company. Reading.
- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2 ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, Ca.
- Barnett, H.J. and C. Morse. 1963. Scarcity and Growth. John Hopkins University Press. Baltimore.
- Begon, M., J.L. Harper and C.R. Townsend. 1986. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Sinauer. Sunderland.
- Bennett, C.I. 1990. Comprehensive multicultural education. 2 ed. Allyn and Bacon. New York.
- Brewer, R. 1988. The Science of Ecology. Saunders College Publishing. New York.
- Brobst, D.A. 1979. The Systems Approach to the Analysis of Resource Scarcity. In: V.K. Smith (ed). Scarcity and Growth Reconsidered. John Hopkins Press. Baltimore.
- Bryner, G.C. 1993. Blue Skies, Green Politics. The Clean Air Act of 1990. Congressional Quartely Inc. Washington, D.C.
- Callahan, J.C. (ed). 1988. Ethical Issues in Professional Life. Oxford University Press. New York

- Campos, E. and E. Neavez. 1980. Resource Systems Evolution. A Systematic Approach. In: E. Campos (ed). Renewable Resources. Academic Press. New York. pp. 1-37
- Castro C.,B. 1987. Etica Filosófica. Editorial Diana. México.
- CEPAL-Comisión Económica para América Latina. 1975. Conferencia mundial de población. Fondo de Cultura Económica. México.
- Chew, R.M. 1982. Changes in herbaceous and suffretescent perennials in grazed and ungrazed desertified grassland in Southeastern Arizona 1958-1978. Am. Midl. Nat. 108:159-169.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science: action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City.
- Commoner, B. 1972. The closing circle: man, nature and technology. Knopf. New York.
- CONAGUA-Comisión Nacional del Agua. 1992. Ley de Aguas Nacionales. Versión del Diario Oficial de la Federación (1º de Diciembre de 1992). CONAGUA-SARH. México.
- Cramer, G.L. and C.W. Jensen. 1988. Agricultural Economics and Agribusiness. John Wiley & Sons. New York.
- Delcourt, H.R., P.A. Delcourt, and T. Webb III. 1983. Dynamic plant ecology: the spectrum of vegetational change in space and time. Quaternary Science Reviews 1: 153-175.
- Dyck, A.J. 1977. On Human Care. An Introduction to Ethics. Nashville: Abingdon.
- Edson, M.M. and T.C. Foin. 1981. "Emergent Properties" and Ecological Research. Amer. Nat. 118:593-596.
- Edwards, C.A., R. Lal, P. Madden, R.H. Miller and G. House (eds). 1990. Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society. Ankeny.
- Engelberg, J. and L.L. Boyarsky. 1979. The Noncybernetic Nature of Ecosystems. Amer. Nat. 114:317-324.
- Enkerlin, E.C., G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (eds). 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México.
- Evans, F.C. 1956. Ecosystem as basic unit in ecology. Science 123:1127-1128.

- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1991. Programa de Acción Internacional Sobre el Agua y el Desarrollo Agrícola Sostenible. FAO. Roma.
- Fisher, A.C. 1981. Resource and Environmental Economics. Cambridge University Press. Cambridge.
- Forman, R.T.T. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons. New York.
- Gallopín G.,C. 1976. Recursos Naturales Renovables. Ecología e Ideología. Depto. Rec. Nat. y Energía. Fundación Bariloche. Argentina.
- González F.,B. 1981. Ecología y Paisaje. H. Blume Ediciones. Madrid.
- Goldsmith E., R. Allen, M. Allaby, J. Davoll and S. Lawrence. 1972. Manifiesto para la sobrevivencia. Alianza Editorial. México.
- Gollnick, D.M. and P.C. Chinn. 1990. Multicultural education in a pluralistic society. 3 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- Green, B. 1981. Countryside Conservation. Allen and Unwin. London.
- Greene, M. 1987. Hierarchies in Biology. Amer. Sci. 75:504-510.
- Grobstein, C. 1972. Levels of Organization. In: J.S. Greenstein (ed). Readings in Living Systems. Canfield Press. San Francisco. pp. 50-62.
- Hall, E.T. 1959. The silent language. Fawcett Publications. Greenwich.
- Hall, E.T. 1969. The hidden dimension. Doubleday & Company, Inc. Garden City.
- Hanson, H.C. 1962. Dictionary of Ecology. Philosophical Library, Inc. New York.
- Hartwick, J.M. and N.D. Olewiler. 1986. The Economics of Natural Resource Use. Harper & Row, Publishers. New York.
- Harwood, R.R. 1990. Making Agriculture a Sustainable Industry. In: C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miller and G. House (eds). 1990. Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society. Ankeny. pp. 20-32.

- Henderson-Sellers, A. and P.J. Robinson. 1986. Contemporary climatology. Longman Scientific & Technical. England.
- Hodges, R.D. 1978. The Case for Biological Agriculture. *Ecol. Quart.* 10:187-203.
- Huschke, R.E. (ed). 1959. Glossary of meteorology. Amer. Meteor. Soc. Boston.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. Estadísticas del Medio Ambiente, México 1994. INEGI. México.
- Jordan, C.F. 1981. Do Ecosystems Exist? *Amer. Nat.* 118:284-287.
- Katz, D. 1984. Sustainable Agriculture: Basic Guidelines for Future Farming. *Context* 84:37-39.
- Krebs, C.J. 1985. Ecology. 3 ed. Harper & Row, Publishers. New York.
- Kurten, B. 1968. The Age of Dinosaurs. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Lal, R. 1990. Soil Erosion in the Tropics: Principles and Management. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Larcher, W. 1983. Physiological plant ecology. Springer-Verlag. Berlin.
- Larroyo F. 1961. Los principios de la ética social. Editorial Porrúa. México.
- Leopold, A. 1969. The Conservation Ethic. In: G.W. Cox (ed). Readings in Conservation Ecology. Appleton-Century-Crofts. New York. pp. 584-595.
- LGEEPA-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1994. Versión del Diario Oficial (28 de enero de 1988). 3 ed. Ediciones Delma S.A. de C.V. México.
- Lowe, J.L. and D. Lewis. 1980. The Economics Environmental Management. Philip Alan Publishers Limited. Oxford.
- Lutz, H.J. 1963. Forest Ecosystems: Their Maintenance, Amelioration, and Deterioration. *J. Forestry* 61:563-569.
- Miller, G.T. Jr. 1994. Living in the Environment: Principles, connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.

- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental Science: working with the Earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Murphy, D.D. 1988. Challenges to biological diversity in urban areas. In: E.O. Wilson (ed). Biodiversity. National Academic Press. Washington, D.C. pp. 71-82.
- Naveh, Z. and A.S. Lieberman. 1984. Landscape Ecology. Springer-Verlag. New York.
- Nebel, B.J. 1987. Environmental Science. 2 ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1993. Environmental Science. 4 ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- NRC-National Research Council. 1991. Toward Sustainability. National Academy Press. Washington.
- NRC-National Research Council. 1991b. Managing Global Genetic Resources. National Academy Press. Washington.
- Odum, E.P. 1959. Fundamentals of Ecology. 2 ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. 3 ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. 3 ed. Interamericana. México.
- Osmond, C.B., O. Björkman and D.J. Anderson. 1980. Physiological Processes in Plant Ecology. Springer-Verlag. Berlin.
- Owen, O.S. 1985. Natural Resource Conservation. 4 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- PA-Procuraduría Agraria. 1993. Nueva Legislación Agraria. 2 ed. México.
- Pearce, D.W. 1976. Environmental Economics. Longman. London.
- Pimentel, D.J., A.A. Beers, L. Guinand, R. Linder, P. McLaughlin, B. Meer, D. Musonda, D. Perdue, S. Poisson, S. Siebert, K. Stoner, R. Salazar and A. Hawkins. 1987. World Agriculture and Soil Erosion. Bioscience 37:277-283.
- Pimm, S.L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. Nature 307:321-326.
- Pojman, L.P. 1989. Ethical Theory. Wadsworth Publishing Company. Belmont.

- Potter, V.R. 1971. Bioethics. Bridge to the future. Prentice-Hall, Inc. Englewood Clifts, New Jersey.
- Push, M.D. (ed). 1979. Multicultural education. Intercultural Press, Inc. New York.
- Ramírez, H. 1995. Sostentibilidad: ¿Cuanto? In: C. Aguirre, W. Eskew, C. González y A. Villa (eds/comps). Cooperación Social para el Manejo Sostenible de los Ecosistemas Forestales. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-266. Fort Collins. pp. 19-23.
- Randall, A. 1981. Resource Economics. John Wiley & Sons. New York.
- Raven, P.H. 1994. Defining biodiversity. Nature Conservancy. 44:11-15.
- Ray, G.C. 1988. Ecological diversity in coastal zones and oceans. In: E.O. Wilson (ed). Biodiversity. National Academic Press. Washington. p. 36-50.
- RAE-Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. 20 ed. Editorial Espasa-Calpe, S.A. Madrid.
- Redford K.H. 1994. Science and the Nature Conservancy. Nature Conservancy. 44:15.
- Rees, J. 1985. Natural resources. Allocation, economics and policy. Methuen & Co. Ltd. London, Great Britain.
- RLAN-Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. 1994. Diario Oficial de la Federación. 12 de Enero de 1994. México.
- Rowe, J.S. 1961. The Level of Integration Concept and Ecology. Ecology 42:429-27.
- Ruttan, V. 1988. sustainability is not Enough. Amer J. Alt. Agric. 3:28-130.
- Ryan, J.C. 1992. Life Support: Coserving Biological Diversity. Worldwatch Paper 108. Washington.
- Saarinen, T.F. 1969. Perception of environment. AAG Resource Paper 5. Washington.
- Salt, G.E. 1979. A Comment on the Use of the Term Emergent Properties. Amer. Nat. 113:145-161.
- Salvatore, D. 1974. Teoría y Problemas de Microeconomía. Libros McGraw-Hill de México. México.
- Sánchez, A. 1969. Etica. Editorial Grijalbo. México.

- Sánchez V., B. Guiza, M. Legros y A. Licona. 1982. Glosario de Términos Sobre el Medio Ambiente. El Colegio de México. México.
- SARH-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Ley Forestal. Versión del Diario Oficial de la Federación (22 de Diciembre de 1992). México.
- SARH-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1994. Reglamento de la Ley Forestal. Versión del Diario Oficial de la Federación (21 de Febrero de 1994). SARH. México.
- Shoard, M. 1980. The Theft of the Countryside. Temple Smith. London.
- Simmons, I.G. 1974. The ecology of natural resources. John Wiley and Sons. London Great Britain.
- Smith, R.L. 1986. Elements of ecology. 2 ed. Harper & Row, Publishers. New York.
- Sprague, M.A. 1959. Microclimate as an index of site adaptation and growth potential. In: H.B. Sprague (ed). Grasslands. AAAS Publ. No. 53. Washington.
- Spurr, S.H. 1969. The Natural Resource Ecosystem. In: G.M. Van Dyne (ed). The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press. New York. p. 3-7.
- Strahler, A.N. 1966. Earth Sciences. 2 ed. Harper & Row Publishers. New York.
- Thompson, P.B., R.J. Matthews and E.O. van Ravenswaay. 1994. Ethics, Public Policy, and Agriculture. Macmillan Publishing Company. New York.
- Tietenberg, T.H. 1992. Environmental and Natural Resource Economics. 3 ed. Harper Collins Publishers Inc. New York.
- Trewartha, G.T. 1968. An introduction to climate. 4 ed. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Turk, A., J. Turk and J.T. Wittes. 1972. Ecology, Pollution, Environment. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- U.S. Bureau of Mines and the U.S. Geological Survey. 1976. Principle of the Mineral Resource Clasification System of the U.S. Bureau of Mines and the U.S. Geological Survey. Bulletin 1450-A. Washington.
- Usher, M.B. 1973. Biological Management and Conservation. Chapman and Hall. London.

- Van Dyne, G.M. 1969. Implementing the Ecosystem Concept in Training in the Natural Resource Sciences. In: G.M. Van Dyne (ed). The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press. New York. pp. 327-67.
- Velásquez A., H. Santos, T. Ocampo. 1995. Bases Científicas de la Sostenibilidad. In: C. Aguirre, W. Eskew, C. González y A. Villa (eds/comps). Cooperación Social para el Manejo Sostenible de los Ecosistemas Forestales. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-266. Fort Collins. pp. 10-18.
- Voguel M., E., E.R. Rivas. 1997. Contaminación, contaminantes y ambiente In: Enkerlin, E.C., G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (eds). 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp. 371-383.
- WCED-World Commission on Environment Development. 1987. Our Common Future. Oxford University Press. New York.
- Weeks, R. 1992. Population. 5 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- West, N.E. 1993. Biodiversity of Rangelands. J. Range Manage. 46:2-13.
- Wilson, E.O. (ed). 1988. Biodiversity. National Academic Press. Washington.
- Wilson, E.O. 1988. The current state of biological diversity. In: E.O. Wilson (ed). Biodiversity. National Academic Press. Washington, D.C. p. 3-18.
- Wilson, E.O. 1992. The diversity of life. The Belknap Press of Harvard University Press. Massachusetts.
- Wilson, E.O. 1994. An interview with "the father of biodiversity" E.O. Wilson. Nature Conservancy 44(4): 24-29.
- Workman, J.P. 1986. Range Economics. Macmillan Publishing Company. New York.
- Zimmermann, R.C. 1983. Impactos ambientales de las actividades forestales. Guía FAO: Conservación, 7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

3. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

ECONOMIA Y ECOLOGIA

Economía y ecología comparten etimológicamente la raíz griega *ecos*, que significa casa, o lugar en donde se vive. Como disciplinas científicas se distinguen claramente por sus campos de acción. La economía se refiere a la administración de la casa mientras que la ecología se refiere al estudio de la misma, y en consecuencia, considera sus componentes y las relaciones que estos guardan, con lo que se denomina medio ambiente (Ehrlich y Ehrlich 1990). Lo que realmente distingue a la economía de la ecología, sin embargo, no es la diferencia entre sus campos de acción sino sus objetivos y el marco conceptual en el que se desarrollan.

El economista busca producir ganancias en un marco teórico de producción y desarrollo económico definido por el precio y el mercado como mecanismos mediante los cuales el humano satisface sus necesidades y deseos (Caldwell 1971; Schultz 1967). El respaldo intelectual de esta postura se fundamenta en la cultura judaico-cristiana que justifica la supremacía y explotación de los recursos por el humano a pesar de los efectos que eso pueda producir sobre los ecosistemas. El ecólogo, en contraste, estudia ecosistemas con el objeto de mantener estados de equilibrio que permita perpetuarlos y sostiene que la actitud unilateral de desarrollo como única meta produce desequilibrios que llevarán necesariamente al colapso ecológico y como consecuencia al colapso económico (Brown 1991; Schultz 1967).

Esa disparidad en objetivos y puntos de vista ha producido una polarización o incompatibilidad entre las disciplinas (Dasmann 1972; Macinko 1968; Rees 1985) al grado de

que sus integrantes tienen dificultades para comunicarse entre sí (Brown 1991). No obstante, una conciliación es indispensable (Boulding 1966; 1971; Ehrlich y Ehrlich 1990; Simmons 1974). El análisis económico debe aplicarse de tal manera que sirva como indicativo del estatus de los ecosistemas y los efectos de su desuso y en consecuencia sirva para integrar niveles de usos de recursos que propicien ganancias en condiciones sostenibles (Brown 1991; Dasmann et al. 1973; Ehrlich y Ehrlich 1990; WCED 1987).

En este sentido se observa la inquietud de que la dimensión ecológica forme parte integral de todas las escuelas de pensamiento económico para que emerja una **teoría económica ecológica**, con fundamento en ciclos productivos y de consumo compatibles con el ecosistema (Fig. 3.1a), de modo que la sustentabilidad sea posible, y la economía convencional sea reorientada y no considere solo el **crecimiento económico** (aumento de la cantidad total de la riqueza de una nación) (Fig. 3.1b) (Costanza et al. 1991; Daly 1991a; 1991b).

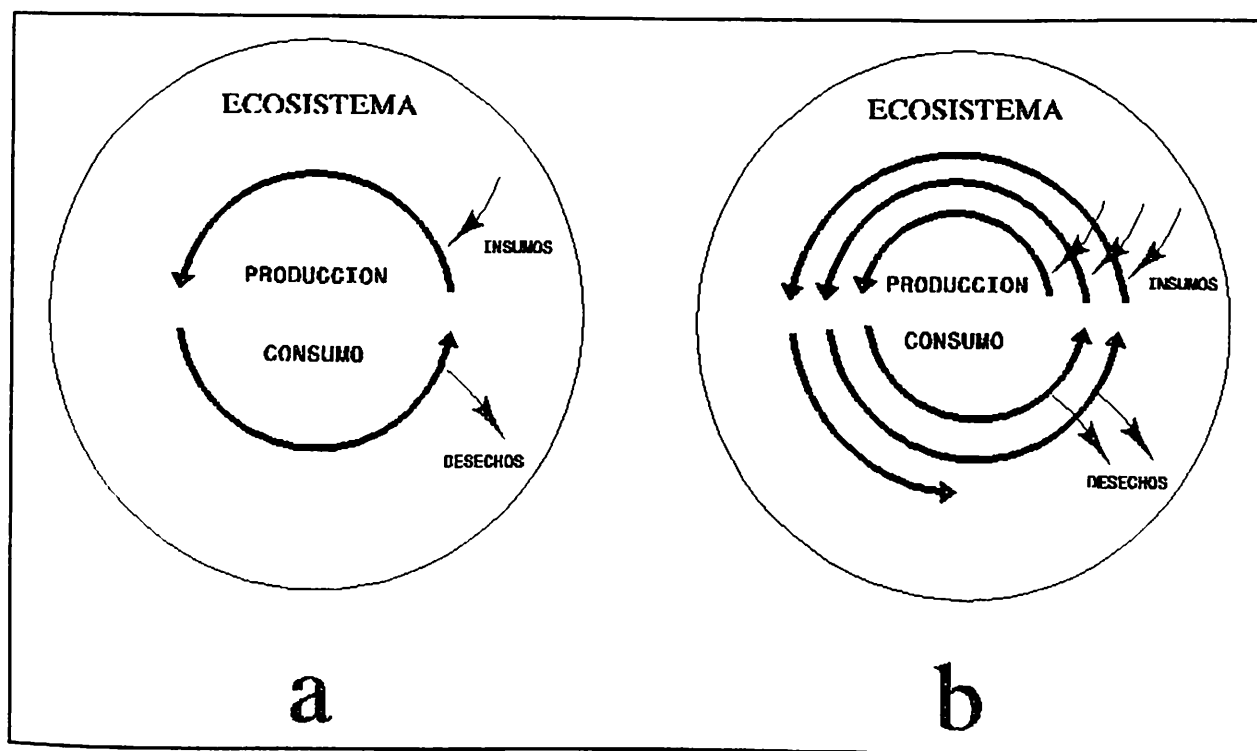


Figura 3.1 Comparación de la economía ecológica y economía convencional. a) Economía ecológica. b) Economía Convencional.

CONCEPTOS BASICOS

Sistemas económicos.

Toda sociedad debe resolver los tres problemas económicos fundamentales: el *qué*, el *cómo* y el *para quién* producir. El método que una sociedad usa para decidir qué bienes y servicios producir, cómo y para quién producir, y cómo distribuirlos entre sus miembros, se llama **sistema económico** (Baumol y Blinder 1985; Samuelson y Nordhaus 1996). Los sistemas económicos más importantes son los siguientes: la economía tradicional, economía de mercado, economía centralizada y economía mixta (Umbreit et al. 1952; Weidenaar y Weiler 1983; Wonnacott y Wonnacott 1984).

La **economía tradicional** es el sistema en el que la gente usa sus costumbres y tradiciones para resolver las cuestiones económicas básicas. Se refiere a sistemas de subsistencia, donde las familias, tribus u otros grupos producen solamente los bienes necesarios para satisfacer sus necesidades, por esa razón también se le conoce como **economía de subsistencia** (Miller 1994).

La **economía de mercado**, también conocida como **economía libre** o **economía capitalista** es el sistema en el que las decisiones son tomadas en base a un sistema de precios determinados por la oferta y la demanda en el mercado, donde compradores y vendedores de bienes económicos interactúan libremente sin la interferencia del gobierno o de otra clase. Los argumentos principales de este sistema son que los recursos son distribuidos entre quienes pueden proporcionarlos lo más barato posible, y enfatiza en la libertad de elección de las personas (Samuelson y Nordhaus 1996; Weidenaar y Weiler 1983).

La **economía centralizada** o **planificada** es el sistema basado en la creencia de que el control del gobierno es la forma más eficiente de producir, usar y distribuir los recursos escasos. El socialismo y el comunismo son tipos de economía centralizada (Umbreit et al. 1952; Wonnacott y Wonnacott 1984).

La **economía mixta** es la que se presenta en la mayoría de las naciones y en ella se combinan elementos de diversos sistemas, así contienen elementos de economía de mercado y planificada. Este sistema se fundamenta en la libre empresa, manejado por la oferta y la demanda, además de que el gobierno regula la economía a través de leyes, normas y planes (Samuelson y Nordhaus 1996; Wonnacott y Wonnacott 1984).

El concepto de economía mixta pone de manifiesto que los sistemas económicos no son mutuamente exclusivos y que los contrastes entre crecimiento económico y subsistencia prevalecen aun en los países más desarrollados por lo que se tiene que enfatizar la generación de una **economía ecológica** que favorezca la conservación de los recursos. Por lo anterior se presentarán primero los conceptos económicos tal y como se consideran en el contexto de microeconomía y después se discutirán los ajustes necesarios para adecuarlos al contexto de economía ecológica.

Posibilidades de producción

Para resolver los problemas económicos fundamentales (el qué el cómo y el para quién), toda sociedad debe tomar decisiones relacionadas con los **factores y productos**, es decir, los recursos que utilizan en sus procesos de producción (factores) para obtener bienes y servicios finales (productos) o que se utilicen para producir otros (Samuelson y Nordhaus 1996).

Los factores de la producción, se han clasificado en tres grandes categorías: tierra, trabajo y capital, entendiéndose como tierra; los recursos naturales, el trabajo; el tiempo dedicado por los humanos a la producción, y capital; como los bienes duraderos utilizados para producir otros (Workman 1986).

Sin embargo, los recursos utilizados son escasos y limitados, de lo contrario serían abundantes y por lo tanto gratuitos, entonces la economía no tendría aplicación. En consecuencia, el humano no puede tener todo lo que desea, debido a que depende de los recursos y de la tecnología de

que disponga. Por lo tanto, para producir dos productos con los recursos limitados, se debe decidir cuánto producir de cada uno, o en casos extremos, se tendría que renunciar a uno para producir el otro. Las cantidades máximas de producción que se pueden obtener de ambos productos constituyen lo que se conoce como la **frontera de posibilidades de producción** (FPP) (Samuelson y Nordhaus 1996; Weidenaar y Weiler 1983). Así cuanto más recursos se utilicen para producir un bien, menos quedarán para producir el otro (Fig. 3.2).

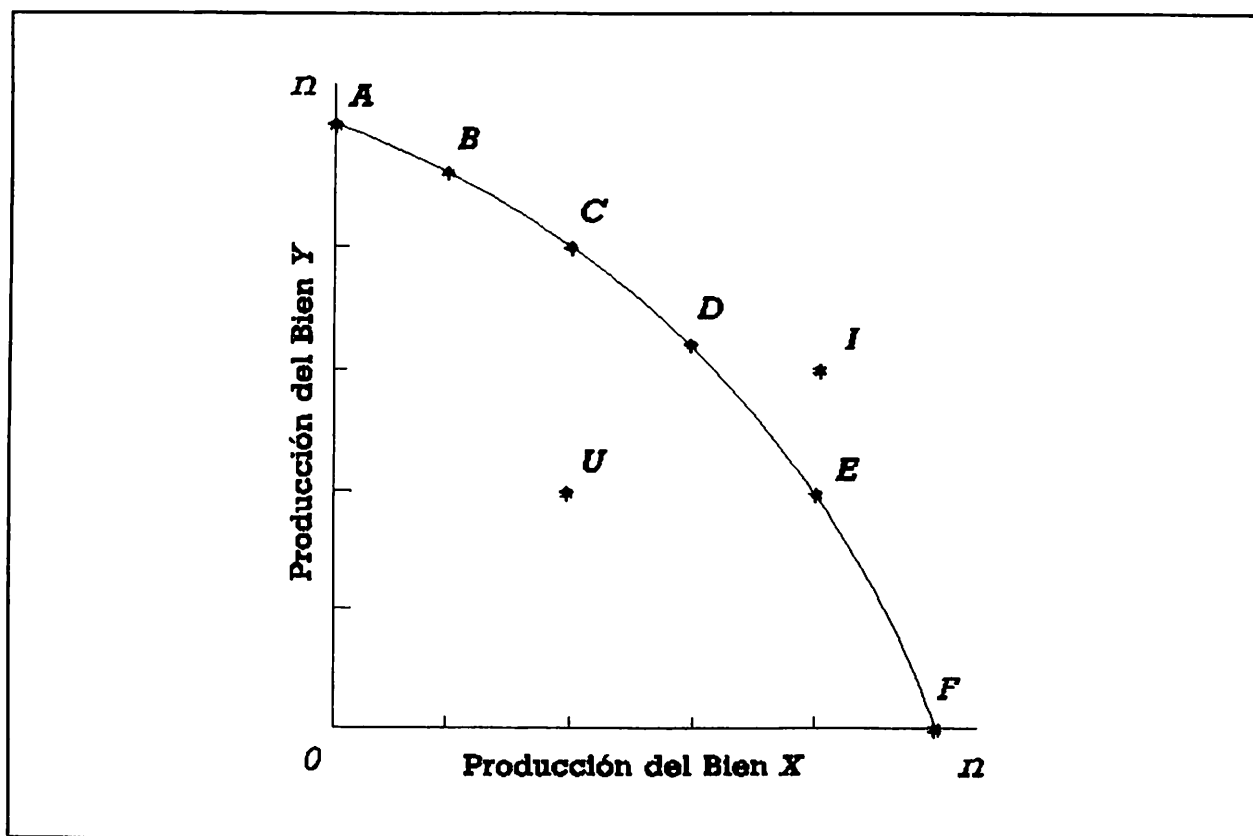


Figura 3.2 Frontera de posibilidades de producción (FPP).

El crecimiento económico desplaza positivamente la FPP (Samuelson y Nordhaus 1996), es decir, un país puede tener una mayor cantidad de bienes cuando crece su economía. Sin embargo, con los recursos no renovables implica inevitablemente que cuanto más recursos se decida consumir actualmente, menos quedarán para el futuro, o si se consume un recurso renovable a una tasa mayor que la de su regeneración, en consecuencia en el futuro sería desplazada negativamente la FPP.

Ley de la oferta y la demanda

En una economía de mercado, la decisión de qué bienes y servicios producir es determinada por la **teoría de precios** o **microeconomía**, la cual estudia el comportamiento de los elementos individuales de una economía. De esta forma, los productores sólo ofrecerán los bienes y servicios por los cuales los consumidores están dispuestos a pagar un precio suficiente para cubrir por lo menos el costo de producción.

Los principios de la oferta y demanda son la herramienta básica para cualquier tipo de análisis económico (Workman 1986) y se basan en el supuesto de *ceteris paribus*, según el cual, los ingresos, gustos y precios de otros productos se mantienen constantes al variar el precio de un artículo. Para que se presente la oferta y la demanda es necesario la compra-venta entre productores y compradores, o sea el mercado, pero además, existen muchos elementos como los factores de la producción, la población, los precios de los bienes relacionados y la organización del mercado (Salvatore 1976; Samuelson y Nordhaus 1996).

Por **demand** se debe entender como la cantidad de un artículo que un individuo está dispuesto a comprar en un período de tiempo específico (Salvatore 1976; Weidenaar y Weiler 1983; Wonnacott y Wonnacott 1984). Casi todas las mercancías obedecen la **ley de la demanda**, según la cual la cantidad demandada disminuye cuando sube el precio del bien, estableciendo una relación inversa entre las cantidades demandadas y el precio (Gonzalez y Maza 1976; Baumol y Blinder 1985). Esta ley se representa gráficamente en forma de una **curva de demanda** de pendiente negativa (Fig. 3.3) y muestra la cantidad de un bien que los compradores adquirirían a cada uno de los precios, manteniéndose todo lo demás constante (Miller 1994). Hay muchos elementos detrás de la curva de demanda en su conjunto: la población, los precios de los bienes relacionados, los gustos y elementos peculiares. Cuando varían estos factores, la curva de demanda se desplaza (Gonzalez y Maza 1976; Samuelson y Nordhaus 1996).

Por otro lado, la **oferta** es la relación entre la canti-

dad de un artículo que un productor esta dispuesto a vender y su precio (Browning y Browning 1992; Salvatore 1976). Generalmente, la cantidad ofrecida responde positivamente al precio. Esto es la **ley de la oferta**, segun la cual si el precio aumenta, los productores trataran de ofrecer más, y si su precio cae los productores disminuirán su producción (Salvatore 1976). La ley de la oferta se representa mediante la **curva de la oferta** la cual es de pendiente positiva (Fig. 3.3). Esta curva muestra la cantidad de un bien que los productores desean vender en un mercado dado a cada uno de los precios, manteniéndose todo lo demás constante. Además del precio, sin embargo, hay otros elementos que afectan a la oferta, como el costo de producción, los precios de los bienes afines y la organización del mercado (Gonzalez y Maza 1976; Samuelson y Nordhaus 1996; Wonnacott y Wonnacott 1984).

El balance de la demanda y la oferta es el precio, el cual gráficamente es la intersección de las curvas de la demanda y la oferta. A esta intersección se le denomina **punto de equilibrio** (Fig. 3.3) y representa una condición de mercado que, una vez alcanzada, tiende a persistir (Salvatore 1976). Además representa el precio en el cual los consumidores pueden comprar un producto y los productores ofrecerlos (Chiras 1991). A un precio superior al de equilibrio, la cantidad que desean ofrecer los productores es superior a la que desean comprar los consumidores, lo que provoca un exceso de bienes y presiona a la baja sobre los precios. De modo inverso, a un precio inferior al de equilibrio, hay escasez (Fig. 3.4), por lo que los compradores tienden a presionar al alza sobre los precios hasta llevarlos al nivel de equilibrio (Samuelson y Nordhaus 1996) (Fig. 3.4).

Para utilizar correctamente el análisis de oferta y demanda, deben cumplirse ciertas condiciones: a) mantener todo lo demás constante; b) distinguir las variaciones de la demanda o de la oferta; c) reconocer el equilibrio, que se encuentra en el punto en el que los compradores y los vendedores realizan voluntariamente intercambios (Samuelson y Nordhaus 1996).

Existen algunas limitaciones para utilizar el análisis de la oferta y la demanda en los recursos naturales desde el

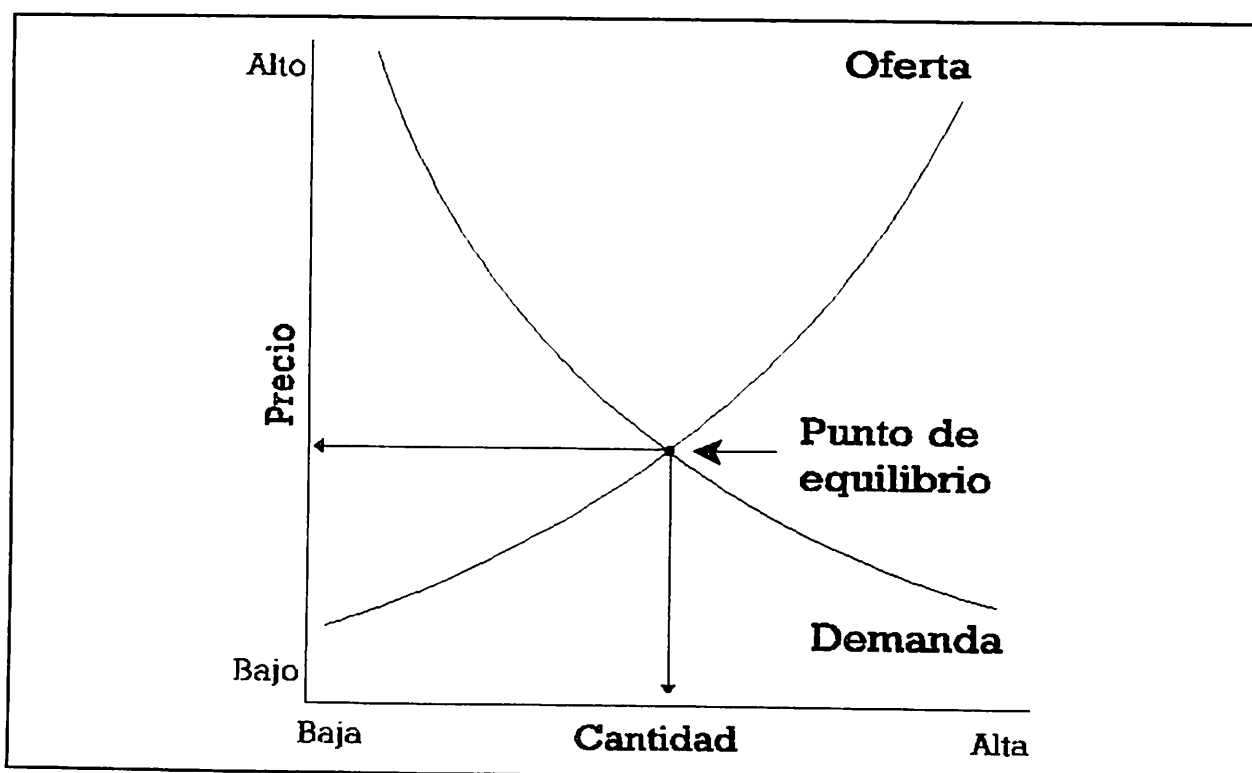


Figura 3.3 Curvas de la Oferta y la Demanda. El Punto de Equilibrio se encuentra en la intersección de ambas curvas.

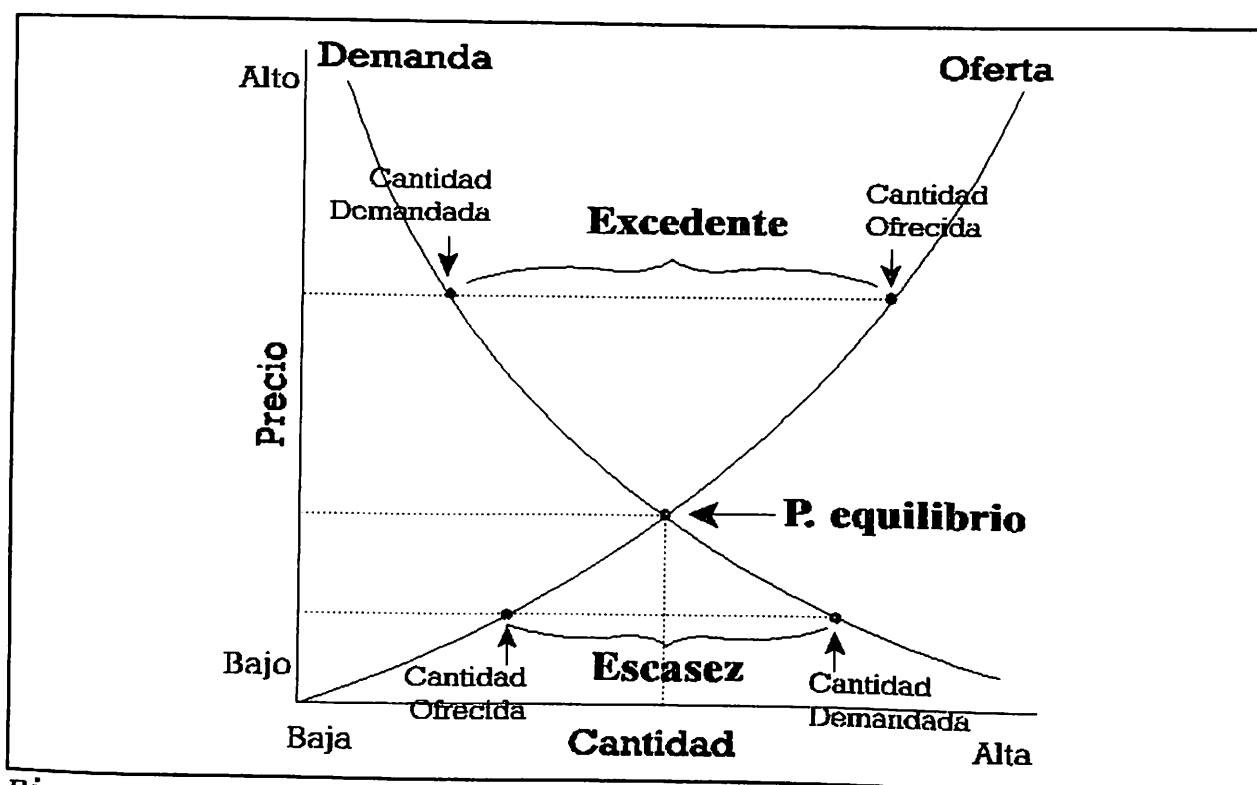


Figura 3.4 Cuando el precio es superior al de equilibrio, la cantidad ofrecida es superior a la demandada, hay excedente. De modo inverso hay escasez.

punto de vista de la teoría económica, principalmente porque

se desarrolla en un marco de **producción** hacia un crecimiento económico donde se excluyen los factores ambientales o recursos no económicos (Hueting 1991; Martínez y Schlüpmann 1991). Solo se consideran aquellos bienes que satisfacen las necesidades de las personas que tienen el dinero para pagar por ellos, sin embargo, no todos los que consumen los recursos naturales pagan por estos. Además utiliza una escala tiempo-espacio corta, donde el agotamiento o deterioro de un recurso, es visto desde un punto vista meramente económico, sin importar las implicaciones sociales o futuras.

Por lo anterior, se presentan los conceptos en un contexto económico ecológico, así la demanda es la cantidad de un artículo o recurso que los consumidores están dispuestos o necesitan comprar o consumir en un período de tiempo específico (Browning y Browning 1992; Salvatore 1976) y oferta es la relación entre la cantidad de un artículo o recurso que un productor esta dispuesto a vender y su precio (Browning y Browning 1992; Salvatore 1976).

ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES.

La economía de los recursos naturales aplica la teoría económica y los métodos del análisis cuantitativo a los problemas de política gubernamental en materia de oferta, asignación, distribución y conservación de los recursos naturales y las comodidades ambientales (Randall 1981), contemplando las consecuencias ecológicas futuras. El punto de interés lo constituye el enfoque económico de las decisiones de política tomada a nivel general. Las mayores preocupaciones de la economía de los recursos son la asignación de los recursos en el presente y en el futuro y las consecuencias económicas y ecológicas tomadas a ese respecto (Chiras 1991).

El manejo de los recursos naturales esta afectado en muchas formas por la economía. Una de las variables económicas más importantes es la **preferencia en tiempo**, la cual es una medida de los ingresos futuros llevados a valor presente. Por ejemplo, un agricultor puede escoger estrategias de agotamiento con altas ganancias inmediatas, o estrategias de

conservación con ganancias a largo plazo, la selección de la estrategia depende de la preferencia en tiempo. Esta se aplica igualmente al manejo de otros recursos naturales, tales como agua, bosques, pastizales, tierras de cultivo (Chiras 1991). Otro factor que influye grandemente en la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales es el **costo de oportunidad**, este representa el costo de usos alternativos. Por ejemplo, la estrategia de conservación requiere de una inversión, el dinero necesario para la conservación puede ser invertido en algún negocio, posiblemente produciendo más ganancias con menos trabajo que la estrategia de conservación. El costo oportuno es el beneficio neto de privarse de algunos recursos que proveen un servicio el cual no podrá ser usado en el futuro (Tietenberg 1992).

Una de las principales claves de la economía es el **principio de la escasez**, pues las necesidades del humano exceden los recursos disponibles para satisfacerlos (Cramer y Jensen 1988; Miller 1997). Este principio está basado en que la mayoría de las cosas que el humano necesita son limitados y como resultado su disponibilidad es racionada. En una economía de mercado, este problema se resuelve por el mecanismo de los precios, ya que este determina como racionarlos (Martínez y Schlüpmann 1991; Miller 1979). Desde un punto de vista estrictamente económico se considera que si se usa un recurso escaso aumenta su escasez principalmente si es un recurso agotable o si excede los umbrales de la renovabilidad. Por ejemplo, si se consume un barril de petróleo implica un barril menos para el futuro, en consecuencia se incrementa el valor marginal y su costo marginal (Barnett y Morse 1963; Miller 1997; Sánchez et al. 1982; Tietenberg 1992) (Fig. 3.5).

Ecológicamente, sin embargo, lo anterior resulta contraproducente, pues al aumentar el valor del recurso aumenta el interés de mitigar la escasez incrementando la explotación, lo cual se contrapone con los principios de la sustentabilidad porque lleva al agotamiento de los recursos. Sin embargo también se puede tratar de mitigar esa escasez mediante nuevas tecnologías o por substitución (Tietenberg 1992) (Fig. 3.6).

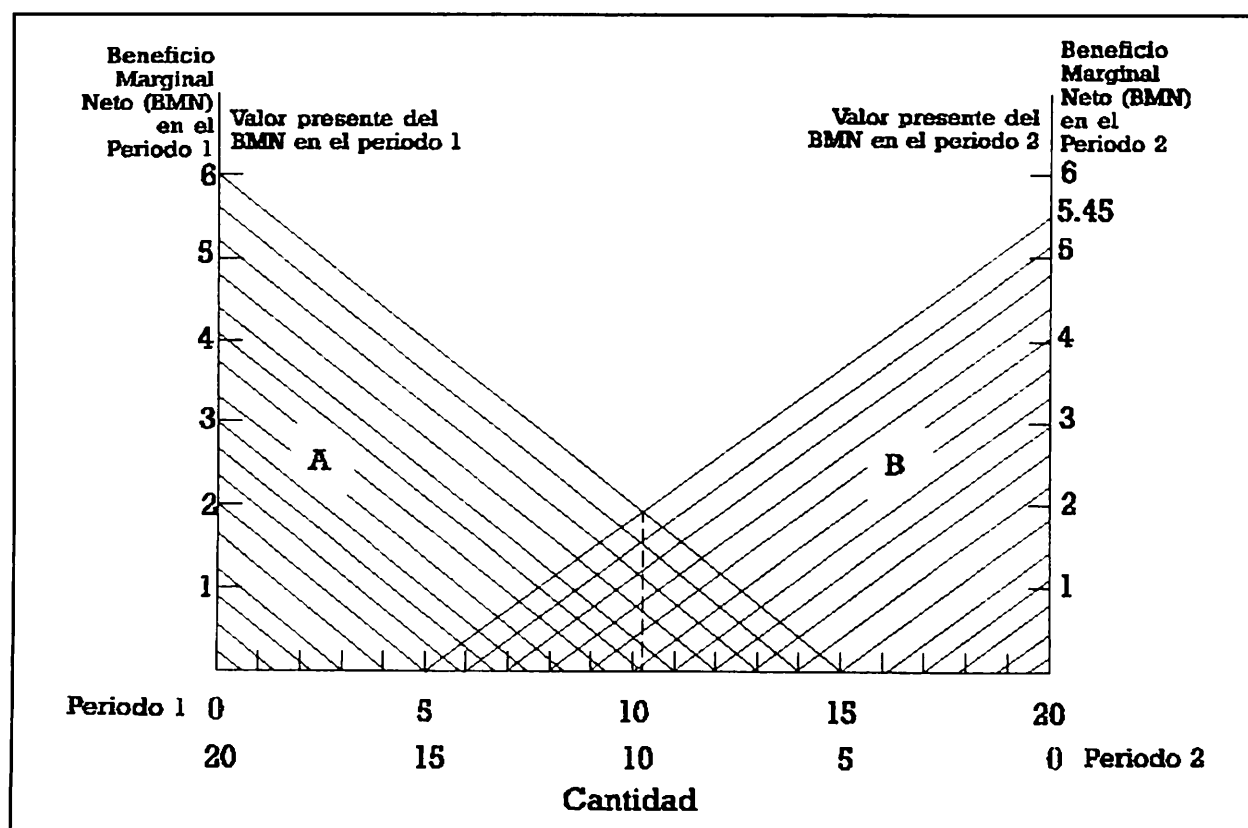


Figura 3.5 Valor del beneficio marginal neto (BMN) para dos periodos.

ECONOMIA DEL BIENESTAR.

La economía del bienestar se ocupa de las condiciones que determinan el bienestar económico de una comunidad considerada en su totalidad (Lange 1974). Estudia los distintos modelos o arreglos económicos que promueven u obstruyen la **eficiencia económica** también llamada **óptimo de Pareto** (Baumol 1980; Browning y Browning 1992; Pearce 1976), por lo que trata de explicar cómo se puede identificar y alcanzar una distribución socialmente eficiente de los recursos (Mochón y Pajuelo 1990).

La eficiencia económica se fundamenta en un modelo de equilibrio que también se puede llamar **óptimo**, por lo que la asignación o distribución de recursos es eficiente u **óptimo** cuando beneficia a una persona sin perjudicar a otra u otras y viceversa (Browning y Browning 1992; Salvatore 1976), pero no siempre es alcanzable ese **óptimo** y en consecuencia se debe pensar en un **"segundo mejor"** (Pearce 1976). Este teorema

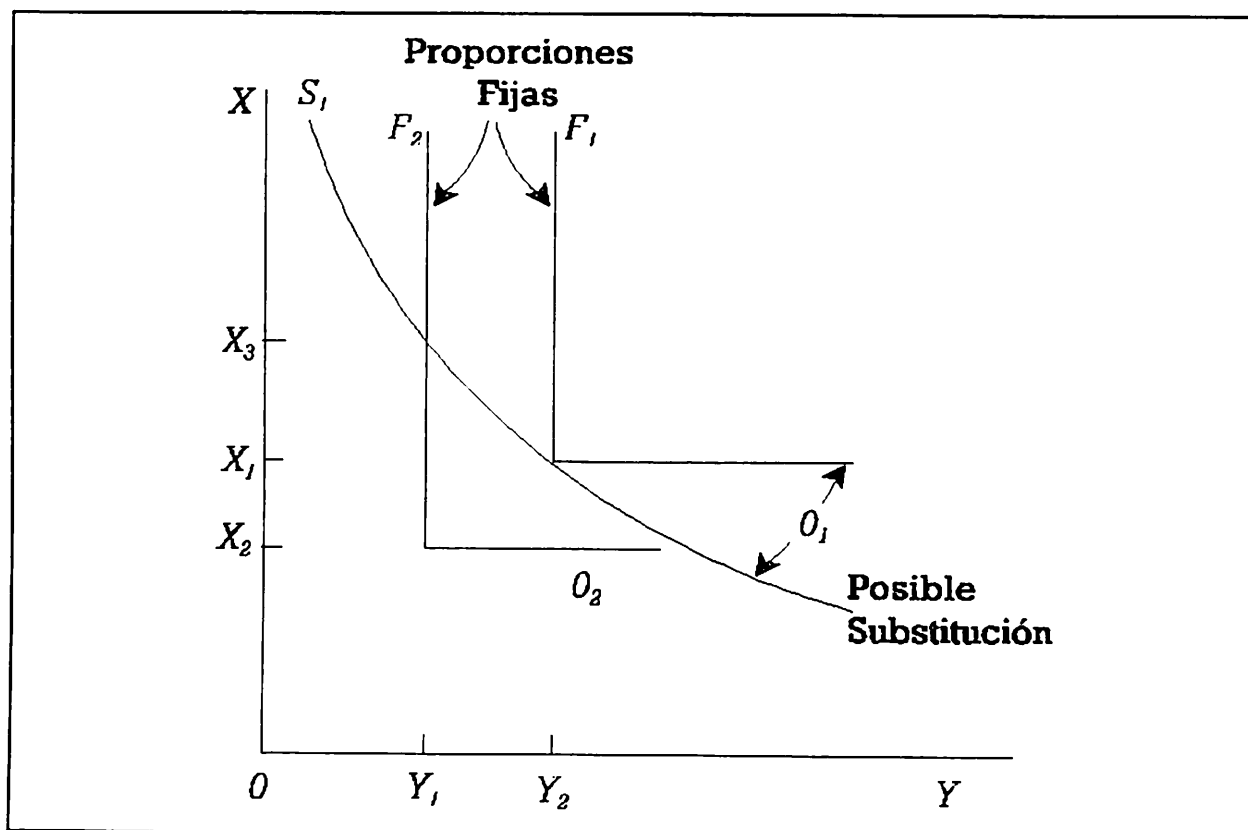


Figura 3.6 Posible substitución de un recurso agotable (Y) por otro recurso (X).

sostiene que no es necesariamente peor para la sociedad si se viola un gran número de condiciones de optimabilidad que si sólo se incumplen unas pocas (Baumol 1980)

Medidas económicas del bienestar.

La economía usa una variedad de medidas para estudiar la actividad económica de un país, la más importante es el **Producto Nacional Bruto (PNB)**, el cual es utilizado por los países más desarrollados y es el valor total en el mercado de todos los bienes y servicios finales producidos por una economía en un año dado (Baumol y Blinder 1985). Actualmente todos los sistemas económicos están centrados en aumentar su crecimiento económico bajo la premisa de que redundará en un mejor bienestar social. Desafortunadamente, las convenciones actuales para registrar el PNB reúnen crecimiento y desarrollo bajo el término "crecimiento económico" y se debe hacer una distinción radical entre crecimiento de consumo de

recursos y mejoramiento de la eficiencia (Goodland et al. 1994).

El crecimiento económico casi siempre se identifica con un aumento en el PNB real, este es el PNB ajustado a la inflación. El PNB per cápita real puede dar una idea general de la riqueza relativa de los países, sin embargo, no indica el ingreso en una sociedad, el nivel de bienestar general (Salvatore y Dowling 1977), ni el agotamiento de los recursos naturales sobre el cual las economías dependen. Por ejemplo los países productores de petróleo del Medio Oriente, son de los más ricos en el mundo de acuerdo a su PNB per cápita real, pero la distribución es altamente desigual y no figuran en los países más desarrollados. Esto significa que un país puede estar sobreutilizando sus recursos minerales, erosionar sus suelos, agotar sus bosques, extinguir su fauna y eso no reflejaría una pérdida de capital y futuros ingresos en su PNB hasta que de hecho esos recursos sean agotados (Miller 1994; 1997). Lo cual permite ignorar y destruir los recursos naturales en el nombre del crecimiento económico, teniendo ganancias ilusorias a corto plazo y pérdidas permanentes de su capital natural a largo plazo.

Debido a que el PNB no refleja el bienestar general de la población, ni la degradación ambiental, se han desarrollado otras medidas de progreso que estiman el cambio anual en la calidad de vida de un país. Estos son el **Indice de Desarrollo Humano (IDH)** creado por las Naciones Unidas, el **Indice del Bienestar Económico Sostenible (IBES)** desarrollado por Herman Daly y el teólogo Jhon Cobb (Brown 1991), el **Bienestar Económico Neto (BEN)** por los economistas William Nordhaus y James Tobin (Chiras 1991; Miller 1994; 1997) y el **Bienestar Nacional Neto (BNN)** desarrollado en Japón (RE 1993).

El IDH se mide en una escala del 0 al 1, y es un agregado de tres indicadores: longevidad, conocimiento y demanda de recursos necesarios para una vida digna. Para la longevidad usan una tabla de vida al nacimiento, para el conocimiento usan tasas de capacidad para leer y escribir, pues la lectura es la base para adquirir información y entendimiento, para la demanda de recursos, usaron el producto interno bruto (PIB) por persona ajustado al poder adquisitivo. Estos indi-

cadadores, son promedios nacionales no indican una distribución equitativa, pero los dos primeros reflejan indirectamente la distribución de recursos (Brown 1991).

El IBES toma en cuenta el promedio de consumo, la distribución y la degradación ambiental. Después de ajustar los dos primeros factores, agreguen varios costos ambientales asociados al mal manejo económico, tal como el agotamiento de los recursos, pérdida del suelo por erosión y urbanización y los costos de la contaminación del aire y el agua. También agregan a lo que le llaman daño ambiental a largo plazo como calentamiento global y daño a la capa de ozono (Brown 1991).

El BEN se obtiene al poner un precio a la contaminación y otros bienes y servicios negativos que disminuyen la calidad de vida. Los costos de estos factores negativos son substraídos al PNB de un país para dar el bienestar económico neto (Chiras 1991; Miller 1994; 1997).

El BNN se determina mediante la integración de seis variables a las que hay que deducir otras tres, que representan los costos de conservación del medio ambiente y los perjuicios debido al desarrollo, como pueden ser gastos necesarios para mantener el medio ambiente y las molestias producidas por el crecimiento inadecuado y excesivo de las ciudades, como por ejemplo el exceso de tiempo sobre un límite medio fijado en 30 minutos empleado en trasladarse al trabajo, valorado al precio del salario medio (RE 1993).

Las medidas anteriores no son fáciles de aplicar a los países menos desarrollados, pues el ponerle un precio a todos esos factores negativos no es fácil y hasta puede ser controversial, además los gobernantes preferirán usar el PNB per cápita para hacer creer a la gente que se está creciendo económicamente pues da unas cifras engañosas. Sin embargo una medida muy relevante en los países menos desarrollados es el **consumo per cápita de granos (CPG)** (Brown 1991), pues refleja la satisfacción de una necesidad básica humana y es menos vulnerable de distorsionar por la desigualdades del poder adquisitivo. Por ejemplo, la distribución de la riqueza entre los más ricos o los más pobres de un país como México o Brasil puede variar en una proporción de 20 a 1, sin embargo el CPG en estos mismos grupos no varía más de 4 a 1.

Entre los países más afluentes, el consumo por año es de cerca de los 800 Kg e incluye el grano consumido por el ganado y entre los países menos favorecido el consumo es inferior a los 180 Kg por año. Así el aumento en el promedio de consumo de granos de un país refleja un aumento en su bienestar, además de que la producción de granos es muy sensitiva a la degradación ambiental (Brown 1991).

Por todo lo anterior, se llega a la conclusión de que ya no se puede sostener que el desarrollo económico, percibido convencionalmente como crecimiento, sea el objetivo incuestionable de las políticas ya que ese concepto está basado en el creciente consumo de recursos, para dar paso a una búsqueda de fines económicos (Goodland et al. 1994). La manera en que se subvaloran los servicios de los recursos naturales y se dejan de registrar la degradación o agotamiento de éstos casi siempre significa que se está empobreciendo mientras se cree que las economías crecen. Además junto con los nuevos factores económicos se deben contemplar con igual prioridad, aquellos otros que contribuyen a la elección de la calidad de vida del humano y a la conservación y mejora de su entorno, para su aprovechamiento en las generaciones actuales y futuras (Yurjevic 1993).

EXTERNALIDADES

Se le llama **externalidades** a los efectos positivos o negativos que la gente recibe y que no estan directamente involucrados en la actividad económica ordinaria (Browning y Browning 1992; Johansson 1987; Pearce 1976), por ejemplo, la exterminación de un mosquito, con un pesticida no degradable, que transmite cierta enfermedad, representa una externalidad positiva para la gente que no le costo la erradicación del mosquito y que se benefició al no contraer esa enfermedad, sin embargo, las consecuencias que reciba por la contaminación del pesticida representa una externalidad negativa. Recibe este nombre porque los efectos son percibidos fuera o externamente a las partes involucradas en la generación de los efectos, cuando estos efectos son positivos se llaman

beneficios externos y cuando son negativos se les llama costos externos. Históricamente, han sido llamados economía externa y deseconomía externa para referirse, respectivamente, a las circunstancias en las cuales la parte afectada es beneficiada o dañada (Tietenberg 1992).

A menudo las discusiones sobre externalidades se presentan cuando una parte afecta las posibilidades de consumo o de producción de otra (Browning y Browning 1992), sin embargo, los efectos externos mas importantes, están directamente relacionados con los bienes públicos que conciernen a un gran número de individuos (Johansson 1987). Por ejemplo, una presa puede inundar y destruir una área natural, la cual es usada para recreación, pesca, caza, etc. y afectar a muchos individuos. La utilización del aire y del agua como vertederos de contaminantes por una fábrica es otro ejemplo, sin embargo, la inversión que ésta haga para disminuir la contaminación representa un beneficio o economía externa para los que viven cerca de ella.

EL ESTADO Y LA ECONOMIA.

Son múltiples los factores en que interviene el gobierno en materia económica, puede corregir situaciones externas en una variedad de formas, por ejemplo en el caso de externalidades negativas al menos dos acciones del gobierno están abiertas, las cuales son impuestos especiales y regulación legislativa.

El criterio que existe en México para determinar la acción pública en materia económica es de carácter jurídico, de orden constitucional; la cual se fundamenta en la propiedad privada, inclusive sobre los instrumentos de producción en su artículo 27; el artículo 4 reconoce la libertad de comercio, de industria y de trabajo y en el artículo 28 consagra la libre competencia hasta en los servicios al público y prohíbe el Estado crear monopolios o estancos. Sin embargo, esos mismos preceptos, de los artículos 27, 4º y 28, contienen disposiciones que limitan los principios anteriores (Carrillo 1987).

ECONOMIA SUSTENTABLE.

La mayoría de los conservacionistas, ambientalistas y algunos economistas sostienen que la economía industrial actual es una economía extractiva porque esta basada en la explotación, agotamiento y degradación de los recursos naturales (Ehrlich y Ehrlich 1990; Flavin y Young 1993), tal y como lo demuestra el hecho de que actualmente se consume cada año 9 billones de toneladas de recursos energéticos de los cuales sólo el 15 % son renovables y emite a la atmósfera 6 billones de toneladas de bióxido de carbono (Flavin y Lensen 1991; Flavin y Young 1993, Dunn 1997, Flavin 1997). Esta economía además de agotar los recursos, intoxican el ambiente y en consecuencia es necesario generar una economía renovable o sustentable que disminuya la dependencia de los recursos energéticos no renovables y mejore la eficiencia energética de los recursos renovables e inagotables, apoyada por sistemas políticos que desapruében los diferentes tipos de daños y prevengan la sobrecarga y la degradación de los sistemas ecológicos que mantienen la vida en el presente y en el futuro (Miller 1994; 1997).

En los países más desarrollados, la economía sustentada en recursos renovables empieza a ser una realidad, por ejemplo, Noruega satisface más del 50 por ciento de sus requerimientos energéticos a partir de la hidroelectricidad, los Estados Unidos se preparan para estar en condiciones de satisfacer entre un 50 y un 70 por ciento de su oferta energética con recursos renovables hacia mediados del siglo XXI (Toledo 1992).

En el caso de México, el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, establece como uno de sus objetivos para el crecimiento económico una base sustentable, y para este fin las políticas, programas y acciones que se apliquen tenderán a mejorar las condiciones ambientales y a promover un uso racional de los recursos naturales. Para ello, establece como estrategias: una política ambiental, la cual asume la responsabilidad y los costos de un aprovechamiento duradero de los recursos naturales renovables (PND 1995). Sin embargo, presenta contradicciones en la aplicación de algunos de

sus programas, por ejemplo, en la Alianza para la Recuperación del Campo (Procampo) apoya la **revolución verde** (SARH s/f), pero esta ha producido deterioro ambiental, pues está basada en una alta mecanización y en el uso intensivo de insumos (fertilizantes, pesticidas, agua, etc.) (Nebel y Wright 1993; Miller 1994; 1997; Redclift 1987).

A pesar de que se ha aplicado el término **desarrollo sustentable** para referirse al "desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" este concepto asume para su cumplimiento un constante crecimiento económico que conlleva el uso y agotamiento de los recursos finitos por lo anterior resulta contradictorio y en consecuencia se ha propuesto deslindar el concepto de desarrollo del de sustentabilidad (Provencio y Carabias 1992). En este sentido el desarrollo solo puede justificarse en aquellas condiciones o niveles en los que se produzca sustentabilidad de los recursos es decir sustentabilidad ecológica.

LITERATURA CITADA

- Barlow, R. 1978. Land resource economics. Prentice-Hall, Inc. Englewood.
- Baumol, W.J. and A.S. Blinder. 1985. Economic principles and policy. 3 ed. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, Inc. San Diego.
- Baumol, W.J. 1980. Teoría económica y análisis de operaciones. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México.
- Boulding, K.E. 1971. Environment and economics. In: W.W. Murdoch (ed). Environment. Sinauer. Stanford.
- Boulding, K.E. 1966. Ecology and economics. In: F. Fraser Darling and J.P. Milton (eds). Future Environments of North America. Natural History Press. New York.
- Brown, L.R. 1991. The New World Order. In: L.R. Brown (ed). State of the World 1991. W.W. Norton & Company. New York. pp. 3-20.

- Browning, E.K. and J.M. Browning. 1992. Microeconomic theory and applications. 4 ed. Harper Collins Publishers. New York.
- Caldwell, L.K. 1971. Environment: A challenge to modern society. Doubleday Anchor Books. New York.
- Carrillo, F., A. 1987. La Constitución y la acción económica del Estado. Investigación Económica. 46(179):319-336. México.
- Costanza, R., H.E. Daly and J.A. Bartholomew. 1991. Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics. In: R. Costanza (ed). Ecological economics: The science and management of sustainability. Columbia University Press. New York. pp. 1-20.
- Cramer, G.L. and C.W. Jensen. 1988. Agricultural economics and agribusiness. 4 ed. John Wiley & Sons. New York.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental science: action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, Ca.
- Daly, H.E. 1991b. Steady - State Economics. Island Press.
- Daly, H.E. 1991a. Ecological economics and sustainable development: From concept to policy. Environmental Department. The World Bank. Divisional Working Paper No. 1991-24. Washington, D.C.
- Dasmann, R.F. 1972. Environmental conservation. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Dunn, S. 1997. Carbon emissions set new record. In: L.R. Brown, M. Renner and C. Flavin. Vital signs 1997. Worldwatch Institute. W. W. Norton & Company. New York. pp. 58-59.
- Ehrlich, P.R. and A.H. Ehrlich. 1990. The population explosion. A Touchstone Book by Simon & Schuster Inc. New York.
- Flavin, C. and N. Lenssen. 1991. Designing a sustainable energy systems. In: L.R. Brown, et al. State of the World 1991. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. W. W. Norton & Company. New York. pp. 21-38.
- Flavin, C. and J.E. Young 1993. Shaping the next industrial revolution. In: L.R. Brown, et al. State of the World 1993. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. W. W. Norton & Company. New York. pp. 180-199.

- Flavin, C. 1997. Fossil fuel use surges to new high. *In*: L.R. Brown, M. Renner and C. Flavin. *Vital signs 1997*. World-watch Institute. W. W. Norton & Company. New York. pp. 46-47.
- Gonzalez, A.J. y D.F. Maza Z. 1976. *Tratado moderno de economía general*. 2 ed. South-Western Publishing Co. Cincinnati.
- Goodland, R., H.E. Daly, T. Haavelmo, S. Hansen, J. Tinbergen, R. Hueting, S. El Serafy, B. Von Droste, P. Dogsé, R. Constanza, L. Brown, S. Postel, C. Flavin. 1994. *Desarrollo económico sostenido: Avance sobre el informe Bruntland*. T.M. Editores. Ediciones Uniandes. Bogotá, Colombia.
- Gray, J.R. 1968. *Ranch Economics*. The Iowa State University Press. Ames.
- Hueting, R. 1991. Correcting national income for environmental losses: a practical solution for a theoretical dilemma. *In*: R. Costanza (ed). *Ecological economics: The science and management of sustainability*. Columbia University Press. New York. pp. 194-213.
- Johansson, P.O. 1987. *The economic theory and measurement of environmental benefits*. Cambridge university Press. Cambridge, Great Britain.
- Lange, O. 1974. Los fundamentos de la economía del bienestar. *In*: KJ Arrow y T Scitovsky. *Ensayos sobre economía del bienestar*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp. 39-54.
- Lowe, J. and D. Lewis. 1980. *The economics of environmental management*. Philip Alan Publishers Limited. Oxford, Great Britain
- Macinko, G. 1968. Conservation trends and the future american environment. *The Biologist* 50:1-19.
- Martínez, A.J, K. Schlüpmann. 1991. *La ecología y la economía*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Miller, R.L. 1979. *Economics Today*. 3 ed. Harper & Row, Publishers. New York.
- Miller, G.T. Jr. 1994. *Living in environment: principles, connections, and solutions*. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Miller, G.T. Jr. 1997. *Environmental science: working with the earth*. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.

- Mochón, F. y A. Pajuelo. 1990. Microeconomía. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1993. Environmental Science. The way the world works. 4 ed. Prentice Hall, Englewood Clifts, New Jersey.
- Pearce, D.W. 1976. Environmental economics. Longman Group Limited. London, Great Britain.
- PND-Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. Diario Oficial de la Federación. 31 de Mayo de 1995.
- Provencio, E., J. Carabias. 1992. El enfoque del desarrollo sustentable. Una nota introductoria. Problemas del desarrollo, Vol. XXIII, (91):15-26. México
- RE-Rezza Editores. 1993. Tratado del medio ambiente. Rezza editores, S.A. de C.V. Tomo I.
- Redclift, M. 1987. Sustainable development. Exploring the contradictions. Routledge, Chapman and Hall, Inc. London, Great Britain.
- Rees, J. 1985. Natural resources. Allocation, Economics, and Policy. Methuen. London.
- Salvatore, D. 1976. Teoría y problemas de microeconomía. McGraw-Hill, México.
- Salvatore, D. and E. Dowling. 1977. Theory and problems of development economics. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Samuelson, P.A. y W.D. Nordhaus. 1996. Economía. 15 ed. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A. Madrid.
- SARH-Secrearía de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Sin fecha. Procampo: vamos al grano para progresar. SARH. México.
- Shultz, A.M. 1967. The ecosystem as a conceptual tool in the management of natural resource. In: S.V. Ciriacy-Wantrup and J.J. Parsons. University California Press. Berkely. pp. 139-161.
- Simmons, I.G. 1974. The ecology of natural resources. John Wiley and Sons. New York.
- Tietenberg, T.H. 1992. Environmental and natural resource economics. 3 ed. Harper Collins Publishers Inc. New York.

- Toledo, A. 1992. Ecología, Energía, economía y ecodesarrollo. In: Energía, medio ambiente y desarrollo sustentable. (Memorias). Fundación Friedrich Ebert. México, D.F. pp. 67-80
- Umbreit, M.H., E.F. Huntt and C.V. Kinter. 1952. Fundamentals of economics. 2 ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- WCED-World Commission on Environment Development. 1987. Our Common Future. Oxford University Press. New York.
- Weidenaar, D.J. and E. Weiler. 1983. Economics: An introduction to the world around you. 3 ed. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading.
- Wonnacott, P. and R. Wonnacott. 1984. Economía. 2 ed. McGraw-Hill. México.
- Workman, J.P. 1986. Range Economics. Macmillan Publishing Company. New York.
- Yurjevic, A. 1993. Marco Conceptual para Definir un Desarrollo de Base Humano y Ecológico. Agroecología y Desarrollo. Núm. 5/6:2-15.

4. POBLACION

POBLACION COMO UNIDAD DE ESTUDIO

Los grupos de organismos que forman una comunidad consisten de poblaciones de plantas y animales, entendiendo por **población**, un grupo de organismos de la misma especie que se encuentra ocupando un espacio específico en un momento dado (Brewer 1994; Krebs 1994; Odum 1975; Smith 1986). La población presenta propiedades, generalmente de carácter estadístico, que la describen y que no pueden ser aplicadas a los individuos que la integran (Odum 1959; 1975; Rabinovich 1984). Entre esas características deben señalarse la estructura por edades, la distribución en espacio y tiempo y la densidad (Smith 1986). La **densidad** es la de mayor importancia y a su vez se define como el número de individuos por unidad de superficie o volumen (Krebs 1994).

Una población adquiere nuevos miembros por **natalidad** (número de nacimientos) e **inmigración** (individuos que llegan de otras poblaciones) y los pierde por **mortalidad** (número de muertes) y **emigración** (individuos que se desplazan a otras poblaciones). Estos cuatro factores denominados **parámetros primarios** determinan la densidad o **tamaño de la población** (Brewer 1994; Odum 1959; Krebs 1994), y en consecuencia determinan su **tasa de cambio o tasa intrínseca de incremento natural** (Brewer 1994; Haupt y Kane 1991; Smith 1980; 1986; Sutton y Harmon 1973) (Fig. 4.1).

El efecto que una población ejerce sobre su entorno no sólo depende de la clase de organismos de que se trata, sino también de su densidad o tamaño. Para entender los efectos de una especie en su medio ambiente, incluyendo a las otras especies que la rodean, se deben estudiar y medir tanto las

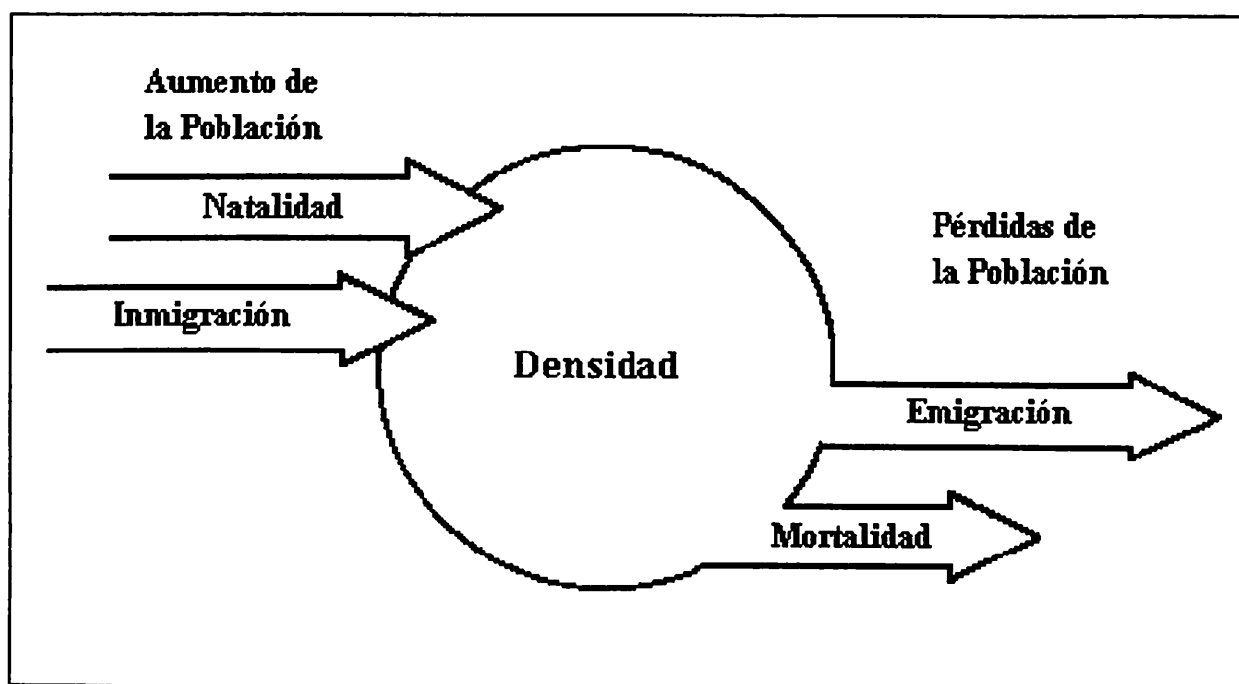


Figura 4.1 Los componentes del cambio poblacional.

características demográficas de esa especie como los aspectos ecológicos de la misma. Así la población humana se ha convertido en la raíz de numerosos problemas ambientales, incluyendo contaminación, agotamiento de los recursos y pérdida de la biodiversidad, los cuales a su vez redundan en problemas sociales, económicos y políticos.

ECOLOGIA DE POBLACIONES

Ecología de poblaciones es la rama de la ecología que se ocupa de estudiar la regulación del tamaño de las poblaciones incluyendo factores como la natalidad, la mortalidad y la dispersión, así como las relaciones intraespecíficas e interespecíficas de las mismas, por lo que incluye aspectos como competencia y predación (Brewer 1994; Krebs 1994; Smith 1986). La ecología de poblaciones comprende la **demografía**, considerada como el estudio estadístico de los cambios en el tamaño de las poblaciones a través del tiempo (Barbour et al. 1987; RAE 1984) y la aplica para determinar la regulación o dinámica de esa población considerando las variaciones poblacionales en relación con el medio ambiente. En tiempos recientes la ecología de poblaciones aplicada a plantas ha

desarrollado nuevos conceptos como el de **metapoblación**, según el cual las plantas se identifican como una agregación de subunidades o módulos que comparten recursos en orden jerárquico (Harper 1977; Smith 1986; White 1977; 1985).

Tablas de vida.

Por tabla de vida se entiende una tabulación de la mortalidad y la sobrevivencia o esperanza de vida (la estimación del número de años de vida que le resta a un individuo en un momento dado) específica por edades de una población (Brewer 1994; Haupt y Kane 1991; Krebs 1994; Rabinovich 1978; Saruhkään 1987; Smith 1986). Es el punto de partida para estimar parámetros poblacionales, y de esta manera, evaluar las características de la población en estudio (Rabinovich 1984). Consta de varias columnas simbolizadas por letras (Krebs 1994, Smith 1986) tal y como se encuentra en el ejemplo hipotético del Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Ejemplo hipotético de una tabla de vida.

x	n_x	d_x	q^x	L_x	T_x	e^x
1	100	20	0.20	90	191	1.91
2	80	45	0.56	57.5	101	1.26
3	35	19	0.54	25.5	43.5	1.24
4	16	9	0.56	11.5	18	1.16
5	7	4	0.57	5	6.5	0.93
6	3	3	1.00	1.5	1.5	0.50

donde:

- x = categorías de edad (años)
- n_x = número de sobrevivientes $n_{x1} - d_x = n_{x1}$
- d_x = número de muertes que ocurre en cada intervalo
- q^x = tasa de mortalidad d_x / n_x
- L_x = promedio de años vividos $n_x + n_{x1} / 2$
- $T_x = \sum L_x - i$
- e^x = esperanza de vida T_x / n_x

Curvas de Sobrevivencia

Usando los datos de la tabla de vida, las curvas de sobrevivencia expresan el número de sobrevivientes de una población en cualquier edad en particular. Se reconocen tres tipos principales de curvas (Brewer 1994; Krebs 1994; Smith

1986) (Fig. 4.2): Tipo I. Curva convexa, en la que la tasa de mortalidad permanece baja hasta que se aproxima el fin de vida de los individuos; Tipo II. Curva diagonal, cuando la mortalidad es baja y relativamente constante; Tipo III. Curva cóncava, que se produce cuando la mortalidad es alta durante las primeras etapas de vida. Las curvas de sobrevivencia sirven para determinar el número de individuos de una población que sobreviven a cualquier edad dada (Brewer 1994). Aplicándolas a la población humana, el Tipo III, con alta mortalidad infantil prevalece en las naciones menos desarrolladas y el Tipo I en las mas desarrolladas.

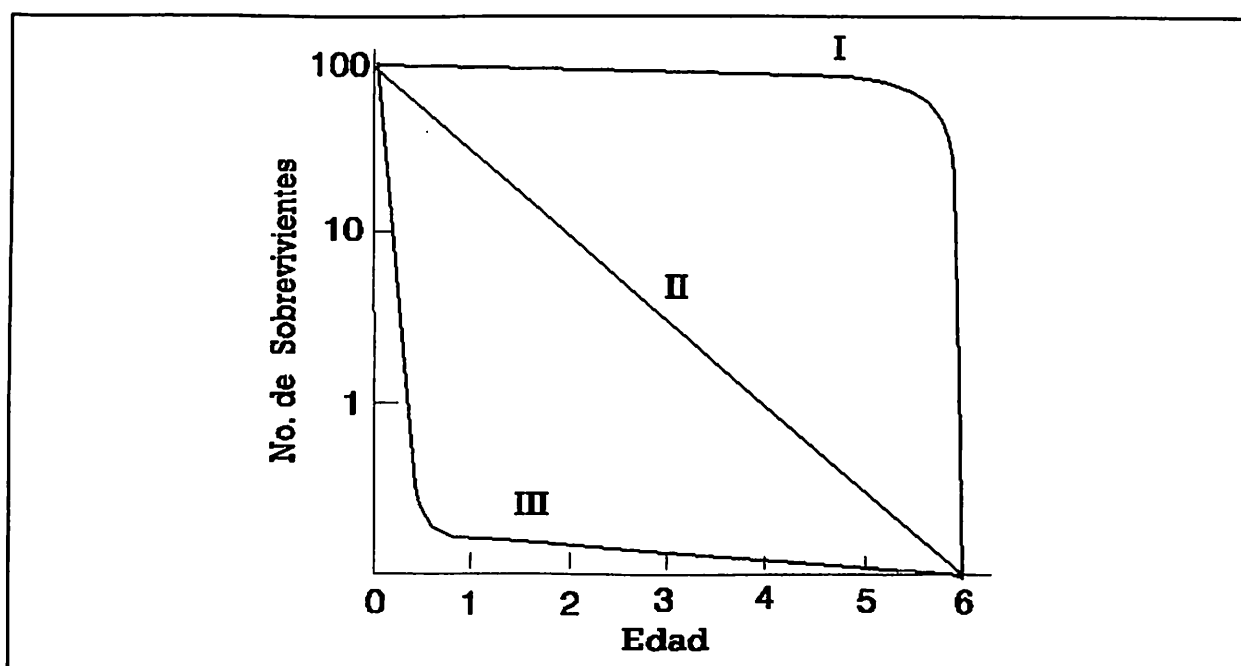


Figura 4.2 Tipos de curvas de sobrevivencia. I Convexa, II Diagonal, III Cóncava. Nótese que la eje de la y es logarítmica.

Estructura por edades

Las poblaciones están compuestas por individuos de diferentes edades, en consecuencia, la estructura por edad representa el número de individuos en cada categoría de edad, formando una pirámide de edades o pirámide poblacional que presenta la distribución de una población por edad y por sexo (Haupt y Kane 1991). Se reconocen tres patrones básicos: **prereproductiva** (población en crecimiento o joven), **reproductiva** (población estable) y **postreproductiva** (población decadente) (Brewer 1994; Krebs 1994; Smith 1986) (Fig. 4.3).

Si la tasa de crecimiento es cero la población no cambia en tamaño y se dice que es una **población estacionaria** (Brewer 1994; Krebs 1994). La **población en crecimiento** comprende una gran proporción de individuos jóvenes, la estable presenta una distribución uniforme de las clases de edad, es decir, tiene similares cantidades de jóvenes y de viejos y la **decadente** muestra una gran proporción de individuos viejos, es decir, la mortalidad se presenta en una edad avanzada. Estos tipos de poblaciones obedecen a curvas de sobrevivencia III, II y I respectivamente.

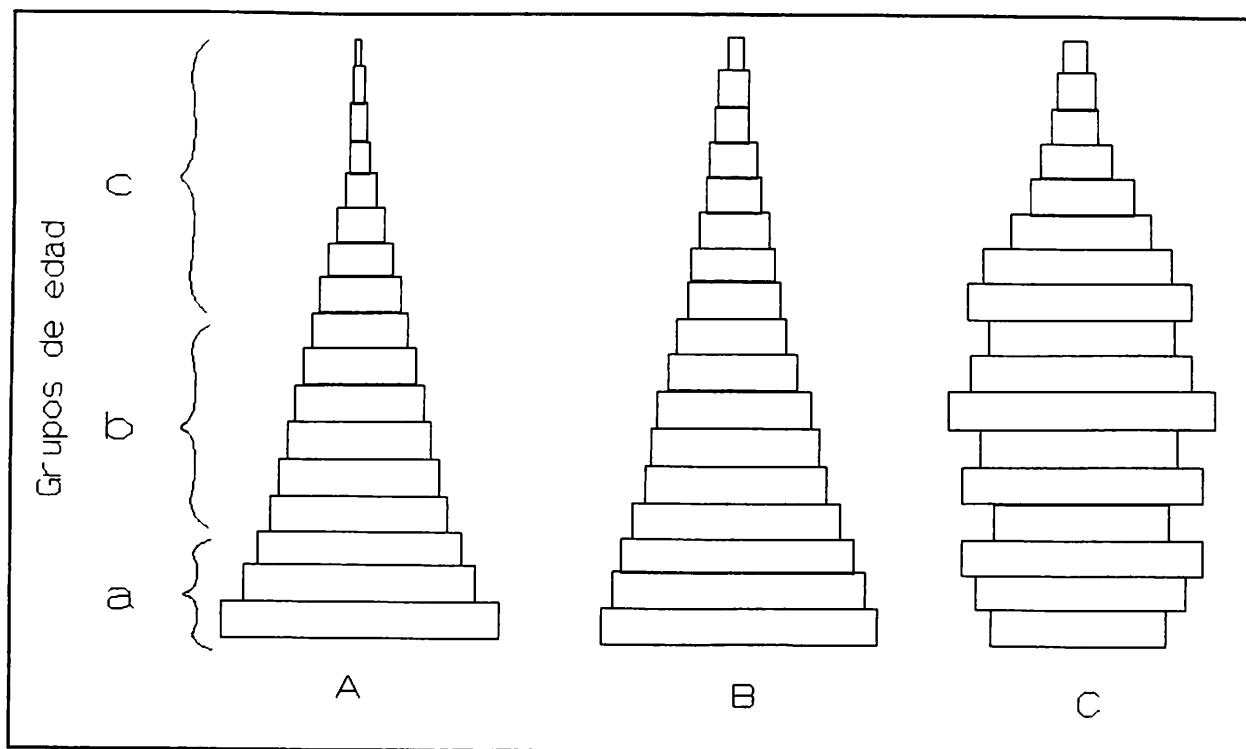


Figura 4.3 Estructura de la edad en poblaciones: en Crecimiento (A), Estable (B) y Decadente (C), con las categorías Prereproductiva (a), Reproductiva (b) y Postreproductiva (c). Tomado de Sutton y Harmon 1973.

Tasa óptima de incremento natural.

La tasa óptima de incremento natural de una población, simbolizada por r , es el excedente o déficit de nacimientos sobre las muertes en una población durante un período determinado y depende de condiciones ambientales (Brewer 1994; Haupt y Kane 1991). Es decir, es el aumento o disminución del número total de organismos en una población sin incluir los efectos de la inmigración o la emigración. Se debe a la interacción de su **potencial biótico** (máximo valor

de r) con la **resistencia ambiental** (factores bióticos y abióticos que limitan a los organismos para alcanzar su potencial biótico) (Brewer 1994; Krebs 1994; Odum 1959; Sutton y Harmon 1973) (Fig. 4.4). De esta interacción se obtiene una tasa de cambio que se expresa por r de acuerdo a la siguiente ecuación (Krebs 1994):

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

donde:

N = tamaño de la población

t = tiempo

r = tasa de crecimiento poblacional por individuo

El balance entre el potencial biótico y la resistencia ambiental es dada por la **capacidad de carga o densidad de equilibrio** (K), la cual es el número de individuos que el medio ambiente puede soportar indefinidamente (Brewer 1994; Dasmann 1981; Postel 1994). En otras palabras, cada individuo añadido a la población reduce la tasa de crecimiento, lo cual produce la siguiente ecuación (Krebs 1994):

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K-N}{K} \right)$$

donde:

N = tamaño de la población

t = tiempo

r = tasa de crecimiento poblacional por individuo

K = Capacidad de carga o máximo valor de N

Cuando el medio ambiente no limita a los organismos la tasa de crecimiento poblacional se hace constante y máxima (Odum 1959). Sin embargo, existen factores que tienden a estabilizar la población. Cuando estos varían con la densidad se les conoce como **dependientes de la densidad**, debido a que reducen o aumentan cuando ésta se encuentra por

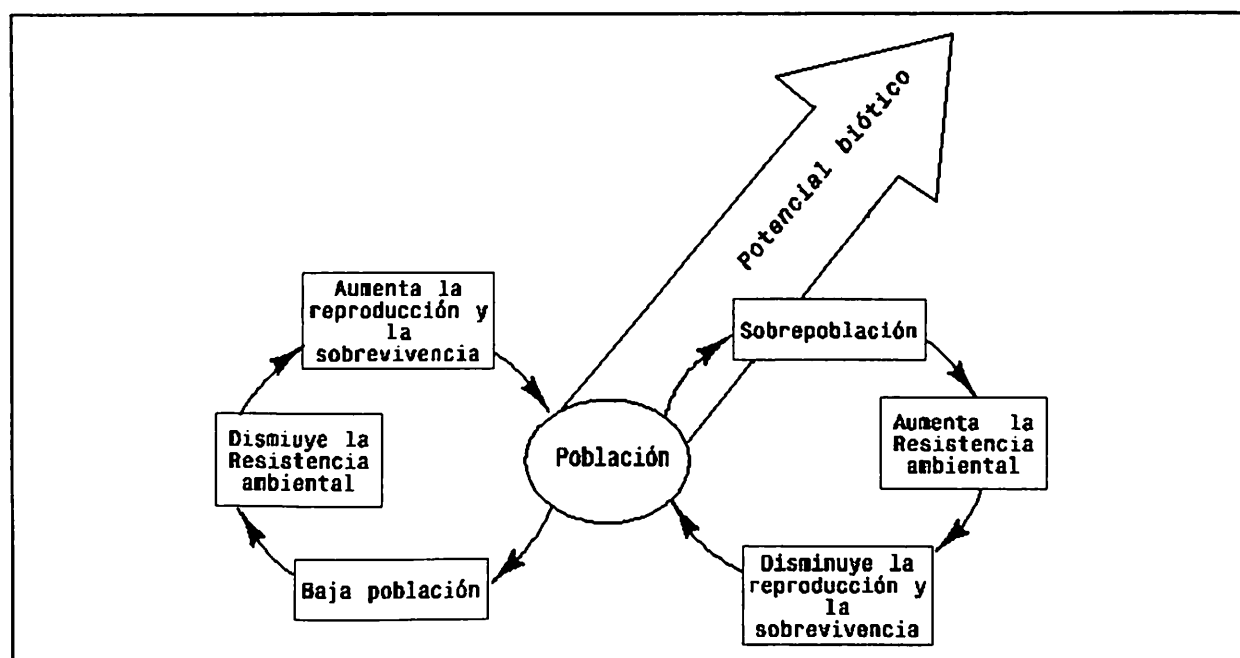


Figura 4.4 Modelo cibernético del control de la población. Tomado de Sutton y Harmon 1973.

arriba o por debajo del nivel de equilibrio respectivamente. Por ejemplo, cuando una población tiene una densidad muy baja, entonces, la tasa de natalidad debe de exceder a la tasa de mortalidad. Cuando estos factores no están influenciados por la densidad se les conoce como **independientes de la densidad** (Krebs 1994; Ricklefs 1979).

REGULACION DE LA POBLACION

Las poblaciones exhiben cambios en su tamaño como resultado de la interacción entre potencial biótico y resistencia ambiental. Sin embargo, existen otros factores que deben considerarse. En el caso de poblaciones de interés para el humano deben agregarse los conceptos de **cosecha** y **rendimiento** (número de individuos o cantidad de biomasa que puede ser removida a una población por unidad de tiempo) (Krebs 1994), **población mínima viable** (persistencia de una especie en un ambiente que no impida la capacidad natural de recuperación) (Soulé 1987) y **extinción** (proceso por el cual una especie deja de existir) (Ricklefs 1979). Estos aspectos se tratarán en el capítulo de biodiversidad de tal manera que el resto del material se pueda enfocar a *Homo sapiens*.

En el caso de la población humana la migración es un componente que influye significativamente en la regulación del tamaño de la población. Existen dos modelos o tipos básicos de crecimiento natural (excluyendo la migración): **crecimiento exponencial** y **crecimiento limitado** (Fig. 4.5), estos tipos pueden combinarse o modificarse, o ambas cosas, según las peculiaridades de los diversos organismos y sus medios (Odum 1959).

La tendencia de las poblaciones para crecer exponencialmente o en orden geométrico (por ejemplo: 2, 4, 8, 16, etc.) expresa que la resistencia ambiental no restringe al potencial biótico (Brewer 1994; Odum 1959; 1975; Williamson 1972). En consecuencia, la densidad aumenta rápidamente y por carecer de mecanismos reguladores se extiende muy arriba de la capacidad de carga, deteniéndose solo al agotar los recursos de que depende. Como consecuencia, sufre un colapso (Ricklefs 1979) a partir de donde inicia otro ciclo de crecimiento (Odum 1959; Sutton y Harmon 1973). Este tipo de crecimiento se representa gráficamente en una curva en forma de J (Fig. 4.5).

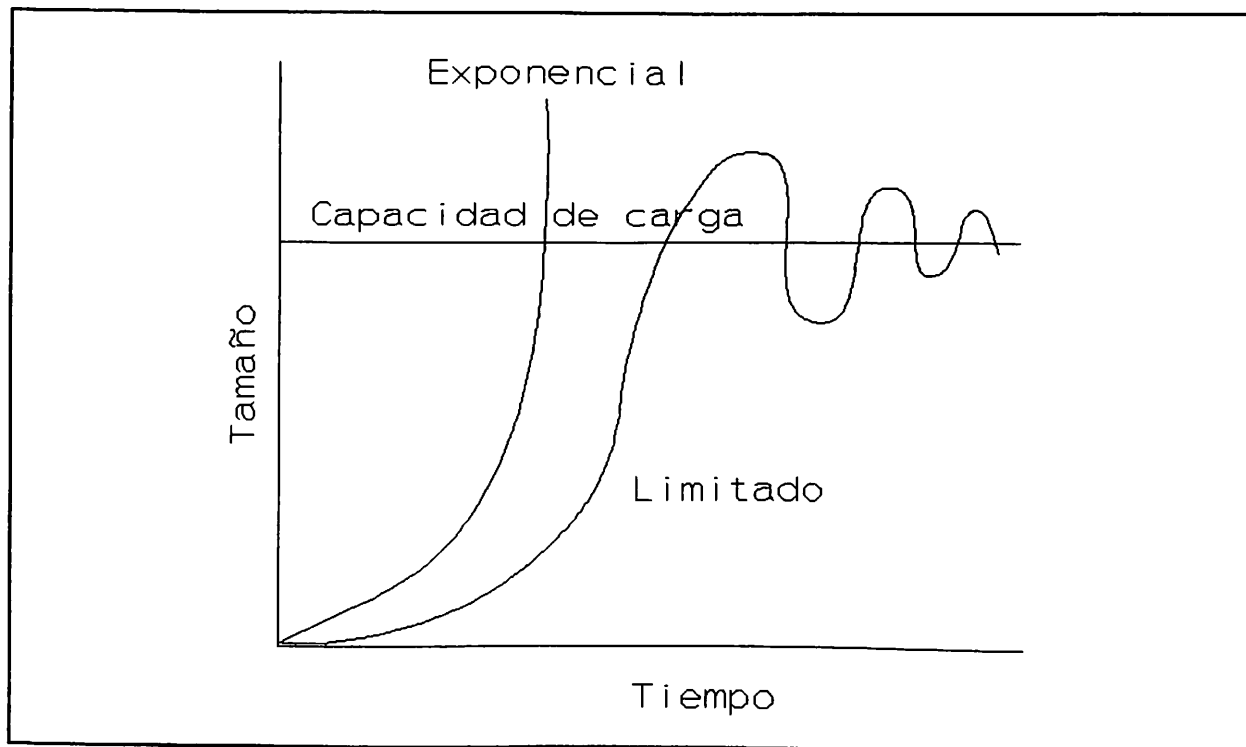


Figura 4.5 Curvas de crecimiento exponencial y limitado. Nótese como la curva de crecimiento limitado se aproxima a la capacidad de carga. Basado en Brewer 1994.

El crecimiento limitado o logístico se presenta en aquellas poblaciones donde los recursos en el medio ambiente son limitados, por lo tanto, cuando la densidad de una población aumenta, la competencia entre sus miembros por los recursos también aumenta. Este crecimiento se muestra gráficamente en una curva con forma de S, que crece lenta y firmemente hasta alcanzar la capacidad de carga. En poblaciones que muestran este tipo de crecimiento la densidad puede aumentar por encima de la capacidad de carga, generando una sobrepoblación. En tales casos la población se ajusta a la capacidad de carga presentando una mayor o menor catástrofe producida por factores de corrección de la resistencia ambiental que reduce súbitamente la densidad, esto suele conducir a una sobrecorrección que reduce la población por debajo de la capacidad de carga y entonces se inicia otro ciclo de crecimiento (Fig. 4.6) (Cipolla 1978; Krebs 1994; Smith 1986; Sutton y Harmon 1973).

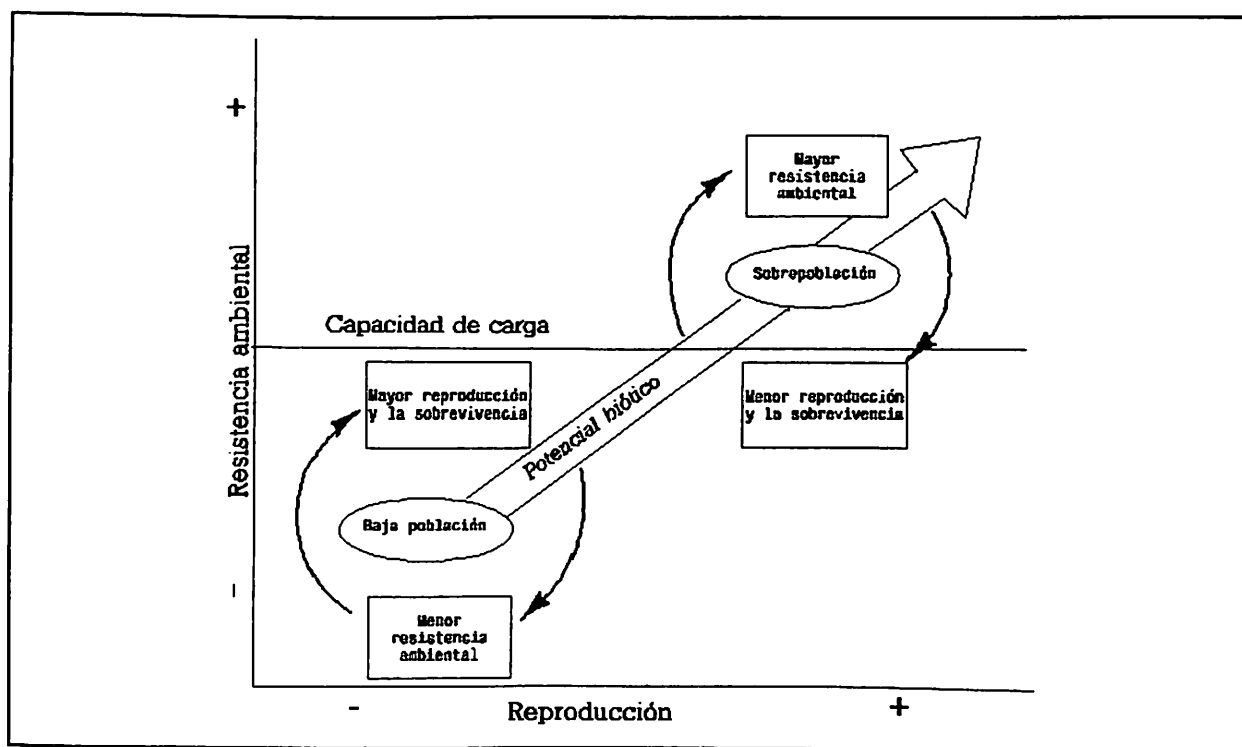


Figura 4.6 La capacidad de carga en un modelo cibernético de la población.

Los modelos discutidos no son **determinísticos**, porque no predicen un resultado exacto, son modelos **estocásticos** debido a que sus eventos se determinan probabilística o aleatoriamente. Por ejemplo, la muerte es un evento que ocurre con

cierta probabilidad (Ricklefs 1993) pero ésta no es predecible con exactitud por lo que los modelos estocásticos dan ideas o tendencias de los cambios en una población pero no la pueden predecir con exactitud (Krebs 1994).

POBLACION HUMANA

Bajo condiciones óptimas todas las especies tienen el potencial para aumentar su densidad exponencialmente y si no son destruidas, la progenie de una sola pareja pronto podría cubrir la tierra. Este potencial nunca es realizado completamente en las poblaciones naturales, porque están reguladas por la resistencia ambiental (Brewer 1994).

A diferencia de las demás especies que presentan un patrón definido de interacción con el medio ambiente, el humano mantiene una interacción complicada, determinada principalmente por su "inteligencia", la cual le ha permitido modificar los factores limitantes y no sólo utilizar los recursos que se encuentran a su alcance sino extraer recursos menos accesibles, gracias a la generación de tecnología y a factores económicos que demandan el uso de esos recursos. Por otro lado, el desarrollo de la ciencia y la tecnología han mejorado las condiciones de salud y se han controlado o eliminado numerosas enfermedades que reducían e incluso diesmaban las poblaciones. Como consecuencia, el humano ha aumentado innecesariamente su población dando origen a problemas ambientales, lo cual ha producido desbalances en los sistemas ecológicos poniendo en peligro su propia existencia (Ashton 1950; Ehrlich 1980; Ehrlich y Ehrlich 1990; Hudson 1971).

Para comprender la magnitud del efecto de la población humana se puede señalar que antes del impacto humano, los ecosistemas terrestres tenían el potencial para producir un total de 150 billones de toneladas de materia orgánica por año, de los cuales se estima que los humanos han destruido el 12% y usan directamente un 27% (Vitousek et al. 1986). En consecuencia, el humano se apropia anualmente de cerca del 40% de la biomasa producida en la tierra (Ricklefs 1993;

Whittaker y Likens 1975).

Historia del crecimiento poblacional.

En términos de la escala geológica, la vida ha existido durante la mayor parte de la historia de la tierra. Los dinosaurios vivieron alrededor de 160 millones de años (durante el mesozoico, 225 a 65 millones de años), sin embargo, los humanos solo han habitado la tierra 1.8 millones de años desde el *Homo erectus* (Mayr 1978). Durante el primer millón y medio de años el humano vivió como cazador y recolector de frutos y la población fue pequeña y controlada principalmente por enfermedades, hambres y guerras (Cipolla 1978; Ehrlich y Ehrlich 1972; Weeks 1992) respondiendo en crecimiento a tres revoluciones (Krebs 1972), la cultural, la agrícola y la industrial.

La **revolución cultural** fue un proceso de grandes cambios para los primeros humanos que vivían en grupos pequeños, los cuales empezaron a acumular una cultura (Chiras 1991). La **revolución agrícola** empezó en el medio oriente hace unos 11000 años y 16000 años en el sudeste de Asia y como consecuencia el humano cambió de la caza y recolección a la agricultura (Braidwood y Howe 1960; Solheim 1997). Esto originó un período de crecimiento en el que la población se duplicó cada 1,500 años hasta inicios de la **revolución industrial** (1750) donde alcanzó los 800 millones de humanos. A partir de este momento la población mundial ha aumentado dramáticamente (Fig 4.7). En 1850 la población mundial alcanzó un billón de habitantes, duplicandose en 80 años (1930) y en 45 años mas volvió a duplicarse alcanzando una cifra de cuatro billones en 1975. De acuerdo con esta tendencia se espera que alrededor del año 2020 se alcance los 8 billones (Chiras 1991) (Cuadro 4.2). Es evidente que el crecimiento de la población esta relacionado con el uso de recursos (Simmons 1974), pues los avances en la agricultura, la industria, la medicina y actualmente la cibernética han permitido al humano reducir los factores de la resistencia ambiental de tal manera que ha incrementado la capacidad de carga de la tierra elevando la producción de alimentos, dando cabida a la incesante elevación de la densidad (Chiras 1991; Ehrlich y

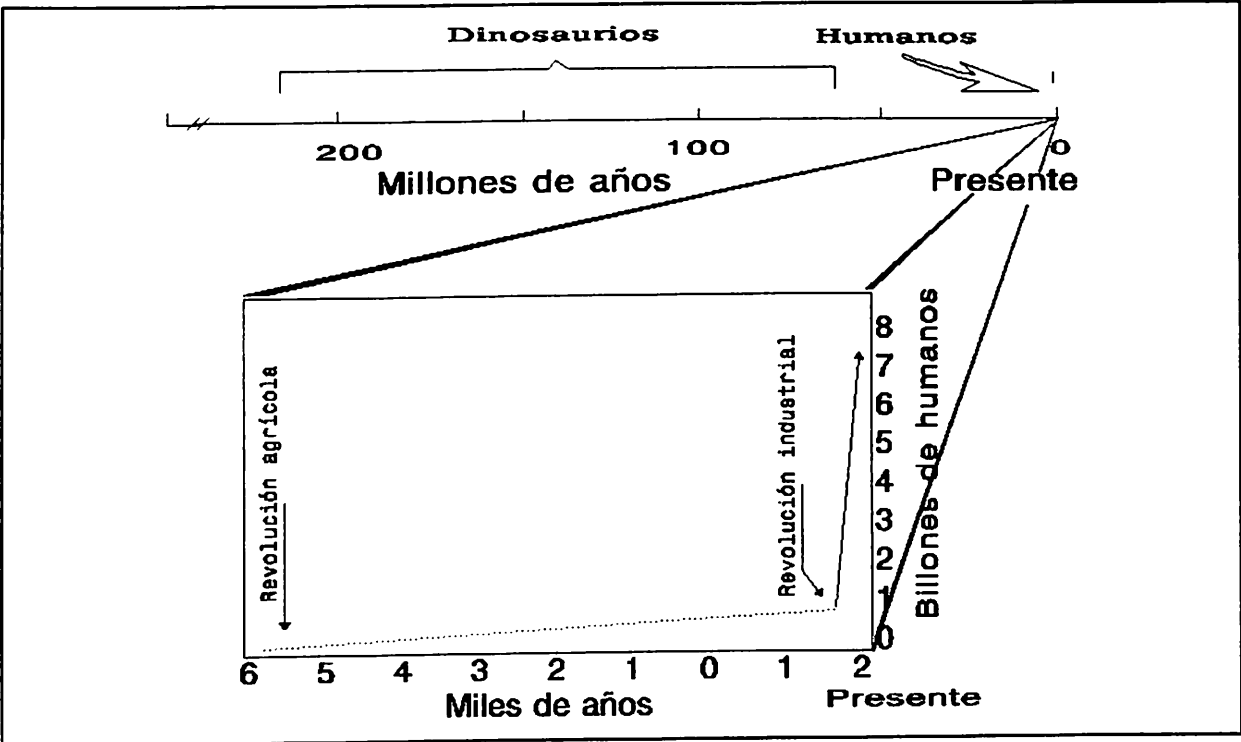


Figura 4.7 Historia del crecimiento de la población humana

Cuadro 4.2 Crecimiento de la población mundial y tiempo de duplicación.

Año	Población	Tiempo de duplicación
8000 a.C.	5 Millones	1,500 años
1650 d.C.	500 Millones	200 años
1850	1 Billón	80 años
1930	2 Billones	45 años
1975	4 Billones	42 años
2017	8 Billones	

Tomado de Chiras 1991 y Sutton y Harmon 1973.

Ehrlich 1990; Miller 1997; Weeks 1992). Lo anterior requiere preguntar, sin embargo, si el incremento en la capacidad de carga es un proceso sostenible.

El tiempo de duplicación es una forma conveniente para sumar la tasa de crecimiento de la población, ya que usualmente los cambios en la población se expresan como un porcentaje y eso no resulta muy informativo. Se obtiene dividiendo la tasa promedio de crecimiento anual entre 70. Un país con una tasa de crecimiento constante de uno por ciento

duplicaría su población en 70 años, con dos por ciento en 35 años. Con tres por ciento, se duplicará en 23 años (Haupt y Kane 1991; Simmons 1974).

La teoría más aceptada para explicar el cambio poblacional, es la **teoría de la transición demográfica**. Esta sostiene que el crecimiento poblacional es un estado intermedio entre condiciones de altas a bajas tasas de fecundidad y mortalidad de una población como resultado del desarrollo económico y social. El descenso de la mortalidad normalmente precede al descenso de la fecundidad y esto produce un crecimiento elevado de la población durante el período de transición (Haupt y Kane 1991; Krebs 1994; PEF 1995; Weeks 1992).

Tipos de sobrepoblación.

Cuando las poblaciones tienden a crecer mas rápido que el suministro de alimentos sufren malnutrición y hambre. Este tipo se conoce como **sobrepoblación malthusiana** y es característico de países pobres. Sin embargo, cuando existe un mayor impacto ambiental la contaminación generada por unidad de recurso consumido provoca consecuencias de salud en la gente o incluso la muerte. Esto representa una **sobrepoblación neo-malthusiana o tecnológica** característica de las naciones altamente industrializadas (Miller 1982; Owen 1985; Weeks 1992), situación que se ha extendido recientemente y de manera aguda a los países en vías de desarrollo, por encima de los efectos de la sobrepoblación malthusiana.

PERSPECTIVAS DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL

Efecto del crecimiento poblacional sobre los recursos naturales.

El crecimiento poblacional implica mayor uso de recursos, principalmente energía y alimentos, lo cual redundará en un aceleramiento de su agotamiento. Paralelamente, la necesidad de aumentar la producción de alimentos mediante la aplicación de fertilizantes y pesticidas produce contaminación ambiental y esta se ve significativamente incrementada como consecuencia del uso de combustibles fósiles como fuente de energía y de refrigerantes (CFC) (Brown 1979; Chiras 1991; Goldsmith et al. 1972; Miller 1997; Owen 1985; Simmons 1974).

La población y la economía crecen exponencialmente, pero los recursos naturales no lo hacen debido a que son finitos, por lo que se genera una situación no sostenible (Postel 1994) con deterioro de los ecosistemas. Esto demuestra que hay límites que no se pueden traspasar sin poner en peligro la integridad básica del sistema y actualmente el humano se encuentra al borde de muchos de esos límites (WCED 1987). A este respecto, algunos consideran que la tecnología aparecerá conforme se susciten los problemas, permitiendo el desarrollo sin deterioro e incluso que la economía misma limitará el crecimiento (Alexanderson y Kleverbring 1978; Kahn et al. 1976). Sin embargo, otros autores sostienen que ese límite o la capacidad de carga de la tierra ya ha sido sobrepasada (Fig. 4.8) (Hudson 1971; Meadows et al. 1972) y en consecuencia muchas naciones están agotando sus recursos y degradando su ambiente (Brown 1979; 1997; Kates 1994).

Efecto del crecimiento poblacional sobre el crecimiento económico.

Existe una relación directa entre el crecimiento poblacional y el crecimiento económico, es decir, cuando uno cambia, el otro tiende a cambiar. De hecho están positivamente correlacionados debido a que en esas condiciones suele generarse un producto marginal positivo (Tietenberg 1992). Históricamente existen varias corrientes ideológicas, los

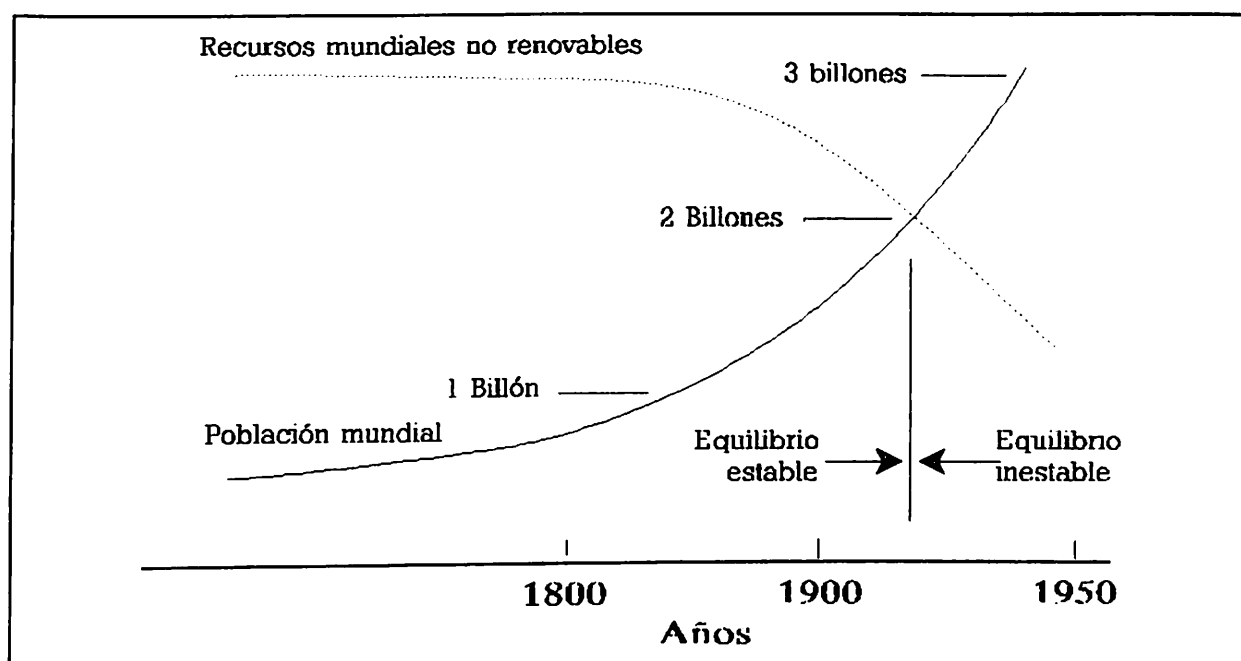


Figura 4.8 Efecto del crecimiento de la población sobre los recursos naturales no renovables. Tomado de Hudson 1971.

Nacionalistas sostienen que a mayor gente existirá mayor producción y en un sistema de libre comercio el crecimiento poblacional estimula la demanda y en consecuencia ayuda a la economía. El **Marxismo** señala que la pobreza, el hambre y otros problemas sociales asociados con el desarrollo económico son resultado de injusticia social e instituciones económicas, no del crecimiento poblacional, sin embargo, el reciente derrumbe del bloque comunista ha inducido a esos países a hacia el modelo del libre comercio. Los **Neo-malthusianos** indican que el crecimiento poblacional destruirá las ganancias económicas (Weeks 1992).

La postura nacionalista considera a la población como un recurso o como un capital y asume que el crecimiento poblacional resulta en crecimiento económico, sin embargo, un producto marginal positivo como criterio único para justificar el crecimiento poblacional es una postura estrictamente económica que no toma en cuenta el deterioro ambiental resultante (Ehrlich y Ehrlich 1990; Miller 1997; Tietenberg 1992).

Efecto del crecimiento económico sobre el crecimiento poblacional.

En el mundo moderno las naciones se han fijado el crecimiento económico como una de sus metas principales, pues es considerado como una medida de progreso (Chiras 1991; SHCP 1995). Con base en este criterio sostienen que es la mejor forma de aumentar el estándar promedio de vida y erradicar la pobreza. Además proponen que el crecimiento económico es necesario para proveer dinero para proteger el medio ambiente y hacer un desarrollo mas eficiente (Miller 1994). En países en vías de desarrollo, ese crecimiento económico puede llevar a un aumento del tamaño de la población, pues al mejorar las condiciones económicas individuales se puede inducir a la población a tener más hijos. En los países desarrollados, sin embargo, se tiende a tener menos hijos, conforme con la teoría de la transición demográfica. En consecuencia, mayor población en los países pobres implica mayor uso de recursos lo cual se agrega al hecho de que el uso de recursos per cápita es superior en los países mas desarrollados.

POLITICAS POBLACIONALES

Las políticas poblacionales representan una estrategia para alcanzar un patrón particular en el cambio demográfico (Weeks 1992). Actualmente, la principal política poblacional en el mundo es para disminuir el crecimiento demográfico a base de bajas tasas de natalidad (CEPAL 1975).

En México, prácticamente durante toda su historia, las políticas gubernamentales tuvieron un enfoque que favorecía el crecimiento demográfico, debido a que se asumía que estimulaba el crecimiento económico (Weeks 1992). Sin embargo, fue hasta 1974 cuando se estableció una verdadera política poblacional cuyo objetivo era lograr un descenso en la tasa natural de crecimiento. Se modificó la Constitución en enero de ese año para garantizar a cada pareja el derecho de planear su familia libremente. A partir de entonces se reconoce que las acciones del Estado favorecen la disminución de la tasa de crecimiento de la población mediante las

actividades desarrolladas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) (PEF 1995; Gómez y Pérez 1995; Weeks 1992) las cuales además constituyen la base de los incipientes programas de educación poblacional en México.

EDUCACION POBLACIONAL

Malthus postuló que un crecimiento exagerado de la población tendría consecuencias negativas, aumentando las presiones sobre los recursos de la tierra. En la actualidad se debate si ya se corre el riesgo de exceder la capacidad de carga del planeta de tal manera que el consecuente declive económico y social podría poner en peligro los ecosistemas y la vida misma en su conjunto (Morín 1995).

Para evitar este pronóstico, es necesario frenar el crecimiento de la población y desarrollar un modelo de civilización sostenible mediante educación poblacional ya que, a través del proceso educativo, se transforma la mentalidad de los individuos y se transmiten determinados valores y actitudes que moldean su comportamiento (PEF 1995; Pinal 1997; Smith 1992). En consecuencia, la educación poblacional facilita el cambio demográfico (Chiras 1991) por cuanto facilita la difusión de nuevas ideas y nuevas perspectivas, incluidas las relacionadas con la planificación de la familia y el control de la natalidad (CEPAL 1975). Desafortunadamente éste proceso es lento y en el caso de países no desarrollados requiere además de alfabetización.

La alfabetización y la educación, particularmente en las mujeres, son dos de los principales factores que tienen influencia en la reducción de la fecundidad. Por ejemplo, los países con alta tasa de analfabetismo tienen una alta tasa de natalidad (Nebel y Wright 1996), además, se ha observado una relación inversa entre el nivel educativo de la mujer y su fecundidad (Chandler 1985; Doyle 1997; Jacobson 1987; PEF 1995; Weeks 1992) (Fig. 4.9). La alfabetización y la educación en las mujeres generalmente aumenta en promedio la edad para casarse, el empleo y el uso de anticonceptivos (Jacobson 1987), sin embargo, la estructura tradicional

social en muchos países en desarrollo aún desalienta y pone muchas barreras a las mujeres, en parte porque la educación de la mujer no es considerada importante (Nebel y Wright 1996).

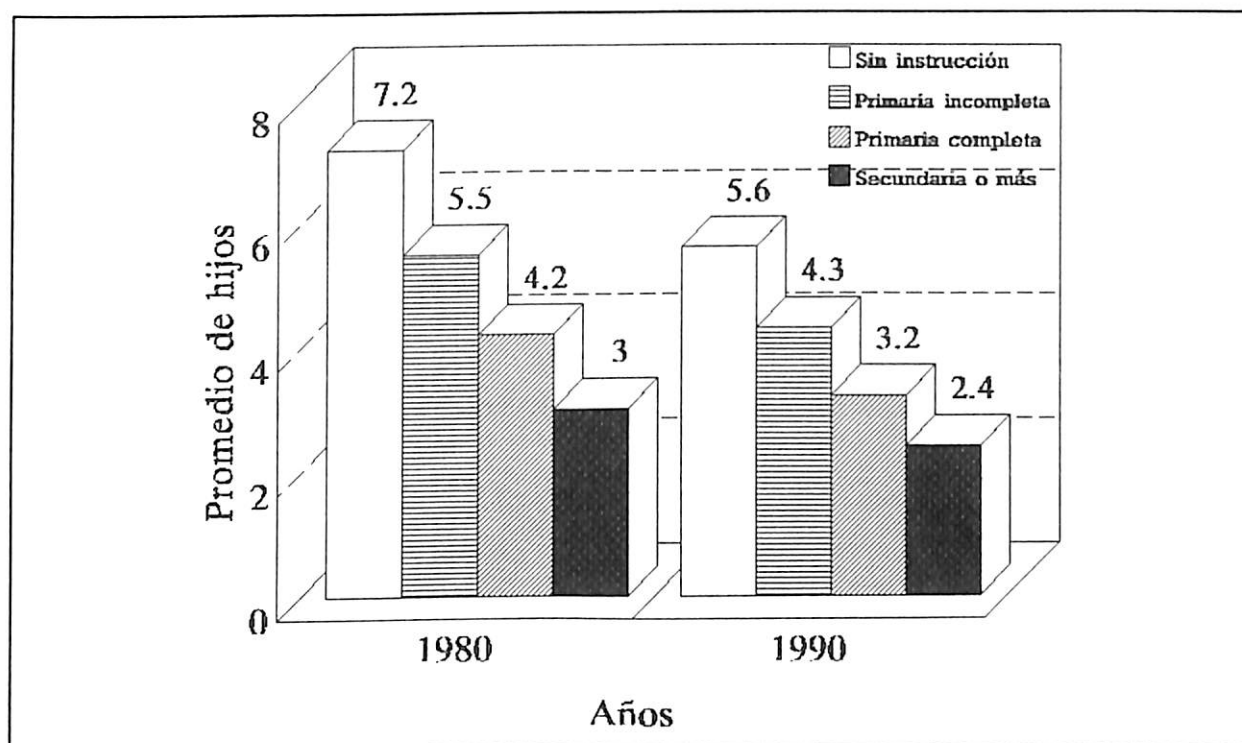


Figura 4.9 Tasas globales de fecundidad, según nivel educativo, México 1980 y 1990. Tomado de PEF 1995.

LITERATURA CITADA

- Alexanderson, G., and B.I. Klevebring. 1978. *World Resources: Energy, Metals and Minerals*. W. deGruyter. New York.
- Ashton, T.S. 1950. *The industrial revolution*. Arnold. London.
- Barbour, M.G., J.H. Burk, and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. 2 ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park.
- Braidwood, R.J., and B. Howe. 1960. *Prehistoric investigation in Iraqi Kurdistan*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brown, L.R. 1979. *Resource trends and population policy: A time for reassessment*. Worldwatch Paper 29. Worldwatch Institute. Washington, D.C.

- Brown, L.R. 1997. Overview: a year of contrasts. In: L.R. Brown, M. Renner and C. Flavin. Vital Signs 1997: the environmental trends that are shaping our future. Worldwatch Institute. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 15-22.
- Brewer, R. 1994. The science of ecology. Saunders College Publishing. New York.
- CEPAL-Comisión Económica para América Latina. 1975. Conferencia mundial de población. Fondo de Cultura Económica. México.
- Chandler, W.U. 1985. Investing in Children. Worldwatch Paper 64. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science: Action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, Ca.
- Cipolla, C.M. 1978. The economics history of the world population. The Harvester Press Limited and Barnes & Noble Books. Great Britain.
- Dasmann, R.F. 1981. Leveling off. The many meanings of carrying capacity. In: R.F. Dasmann. Wildlife biology. 2 ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 151-203.
- Doyle, R. 1997. Female illiteracy worldwide. Sci. Amer. 276(5):20.
- Ehrlich, P.R. 1980. The Population Bomb (Revised). Ballantine Books. New York.
- Ehrlich, P.R. and A.H. Ehrlich. 1972. Population, resources, environment. 2 ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- Ehrlich, P.R. and A.H. Ehrlich. 1990. The Population Explosion. A Touchstone Book. Simon & Schuster Inc. New York.

- Goldsmith, E., R. Allen, M. Allaby, J. Davull, S. Lawrence. 1972. Manifiesto Para la Sobrevivencia. Alianza Editorial. Madrid.
- Gómez B., I., R. Pérez F. 1995. Explosión demográfica. Tiempo Año LI No. 2666. Vol. C. pp. 6-17
- Harper, J.L. 1977. Population Biology of Plants. Academic Press. London.
- Haupt, A y T.T Kane. 1991. Guía rápida de población del Population Reference Bureau. 2 ed. Population Reference Bureau, Inc. Washington, D.C.
- Hudson, N. 1971. Soil conservation. Cornell University Press. Ithaca, New York.
- Jacobson J.L. 1987. Planning the global family. Worldwatch Paper 80. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Kahn, H., W. Brown, and L. Martel. 1976. The Next 200 Years: A Scenario for America and the World. William Morrow. New York.
- Kates, R.W. 1994. Sustaining life on the Earth. Sci. Amer. Special issue. 271(4): 114-122.
- Krebs, C.J. 1972. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, Publishers. New York.
- Krebs, C.J. 1994. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 4 ed. Harper & Row, Publishers. New York.
- Mayr, E. 1978. Evolution. In: Scientific American. Evolution. W.H. Freeman and Company. San Francisco. pp. 1-11.

- Meadows, D.H., D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens III. 1975. Los límites del crecimiento. Fondo de Cultura Económica. México.
- Miller, G.T, Jr. 1982. Living in the Environment. 3 ed. Wadsworth Publishing Company. New York.
- Miller, G.T. Jr. 1994. Living in environment: principles, connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental science: working with the earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Morín, M.E. 1997. La educación en el nuevo paradigma del desarrollo sostenible. In: E.C. Enkerlin, G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (Editores). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp. 613-614.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1996. Environmental Science: the way the world works. 5 ed. Prentice Hall, Englewood Clifts, N.J.
- Odum, E.P. 1959. Fundamentals of ecology. 2 ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Owen, O.S. 1985. Natural resource conservation. 4 ed. Macmillan Publishing. New York.
- PEF-Poder Ejecutivo Federal. 1995. Programa nacional de población 1995-2000. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. México.
- Pinal C.,S. 1997. Sustento político-social para el desarrollo sostenible: equidad, eficiencia y responsabilidad de instituciones públicas. In: E.C. Enkerlin, G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (Editores). Ciencia ambiental y

desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp. 567-582.

SHCP-Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. Diario Oficial de la Federación. 31 de Mayo de 1995.

Postel, S. 1994. Carrying capacity: Earth's bottom line. In: L.R. Brown, et al. State of World 1994. A World-watch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 3-21.

Rabinovich, J.E. 1984. Introducción a la ecología de poblaciones animales. CECSA. México.

RAE-Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. 20 ed. Editorial Espasa-Calpe, S.A. Madrid.

Rees, J. 1985. Natural Resources. Methuen. London.

Ricklefs, R.E. 1993. The economy of nature. 3 ed. W.H. Freeman. New York.

Simmons, I.G. 1974. The ecology of natural resources. John Wiley and Sons. London.

Smith, G.A. 1992. Education and the environment: learning to live with limits. State University of New York. Albany, New York.

Smith, R.L. 1986. Elements of ecology. 2 ed. Harper & Row, Publishers. New York.

Solheim, W.G. 1997. An Earlier Agricultural Revolution. In: Scientific American. The Origins of Technology. Scientific American. New York.

Sutton, D.B. and N.P. Harmon. 1973. Ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Tietenberg, T. 1992. Environmental and Natural Resource Economics. 3 ed. HarperCollins Publishers. New York.
- Vandermeer, J. 1981. Elementary mathematical ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Vitousek, P.M. *et al.* 1986. Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience*. June.
- WCED-World Commission on Environment and Development. 1987. Our Common Future. Oxford University Press.
- Weeks, R. 1992. Population. An introduction to concepts and issues. 5 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Williamson, M. 1972. The analysis of biological populations. Edward Arnold (Publishers) Limited. London, Great Britain.
- White, J. 1979. The Plant as a Metapopulation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 109-145.
- White, J. (ed). 1985. Studies on Plant Demography. Academic Press, Inc. London.
- Whittaker R.H. and GE Likens. 1975. The biosphere and man. *In*: H. Lieth and R.H. Whitakker (eds). Primary productivity of the biosphere. Ecological studies 14. Springer-Verlag. New York. pp 305-328.

5. USO POTENCIAL DE LA TIERRA

Los recursos naturales, están interrelacionados en muchas formas, pero todos dependen de la tierra, por ejemplo, la tierra contiene las mas grandes depósitos de agua y minerales y provee además el espacio para las actividades humanas (Nebel 1987). En consecuencia, cualquier uso de la tierra puede afectar los demás recursos.

La tierra es el área específica de la superficie terrestre cuyas características comprenden todos los atributos de la biosfera que se encuentran arriba y abajo de esa área, incluye la atmósfera, el suelo, la roca subyacente, la topografía, el agua, las poblaciones de plantas y animales y los resultados de las actividades del humano (Vink 1975). Se debe diferenciar del suelo, pues este, es un término más restrictivo, y se refiere a la superficie de la corteza terrestre, en el cual las plantas viven o pueden vivir (Boul et al. 1997; Brady 1974; RAE 1984). En contraste, la tierra es un término mas amplio e incluye entre sus características al suelo (Brady 1974) y existen tierras forestales, agrícolas y de pastizales, los cuales presentan una variedad de suelos.

El uso de la tierra es cualquier tipo de intervención humana, cíclica o permanente que se lleva a cabo para satisfacer las necesidades del humano a partir del complejo de los recursos naturales que en conjunto se conocen como "tierra" (Vink 1975), es decir, el uso de la tierra es la aplicación de controles humanos a los elementos claves de cualquier ecosistema con el fin de obtener beneficios. Sin embargo, este uso no siempre es el adecuado y como resultado se genera un impacto que deteriora los recursos. Para evitar esto, es necesario determinar el uso potencial de la tierra, es decir, la capacidad potencial de un área dada para sostener diferentes tipos de utilización bajo condiciones culturales y socio-económicas (Vink 1975). Este uso potencial es determinado

por el conjunto de condiciones del medio físico a las que el humano tiene que enfrentarse para determinar el uso apropiado del suelo (Fig. 5.1) y aprovechar mejor los demás recursos.

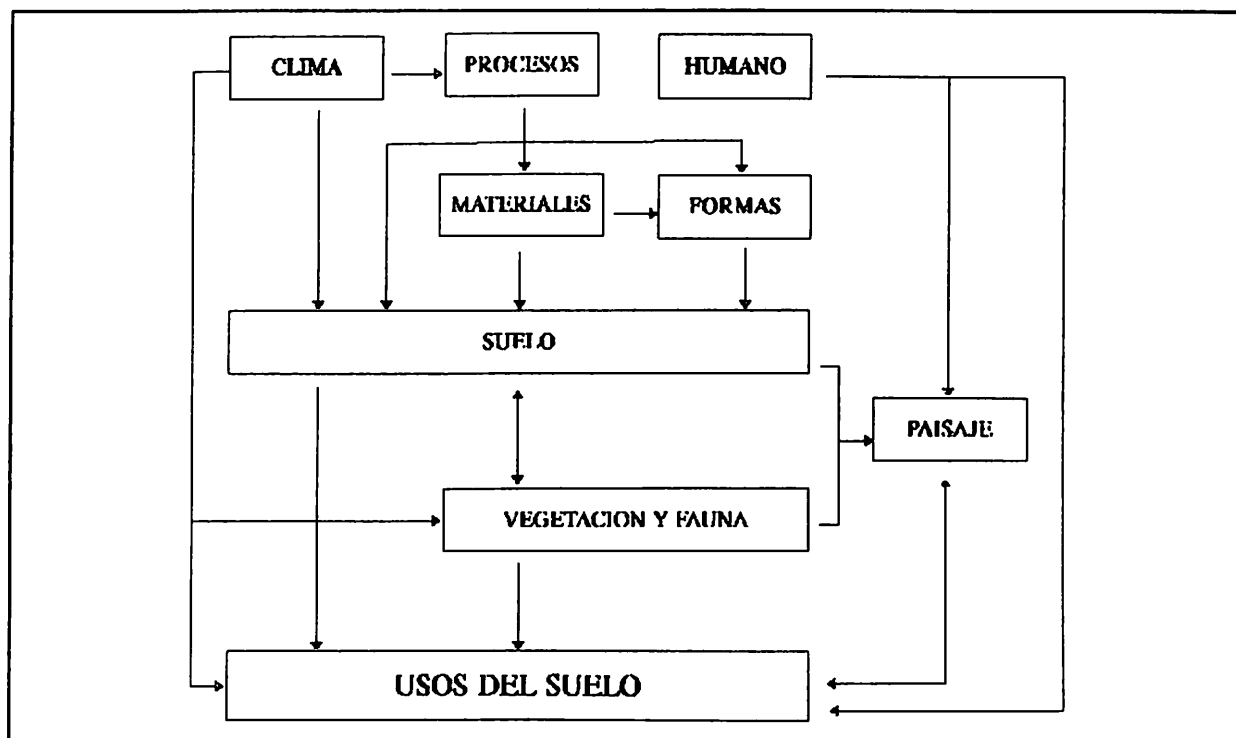


Figura 5.1 El medio físico determinante de los usos del suelo (Gómez 1994).

CLASIFICACION DE LA TIERRA.

La clasificación de la tierra puede hacerse de acuerdo a tres criterios: a) los caracteres de la tierra per se, b) el uso de la tierra, y c) usos combinados (Davis 1976). Considerando que se trata aquí de ver el uso de los recursos y su conservación, se hará énfasis en el concepto de uso, de tal manera que éste se aplique considerando una adecuada protección de la erosión u otro tipo de deterioro (Brady 1974).

Como ejemplo se puede señalar el sistema adoptado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (USDA 1966) en el que la tierra se clasifica en ocho clases dependiendo de su capacidad de producción y erodibilidad, y va desde la que posee grandes aptitudes y menores limitaciones (Clase I), hasta aquella con menos aptitudes y mayores limitaciones (Clase VIII). Las clases I a la IV son aptas

para el cultivo, de la V a la VII para uso de pastizales y forestales y la VIII son áreas que han perdido su capacidad de producción o presentan grandes restricciones naturales y su uso más adecuado es la vida silvestre (Fig 5.2) (Brady 1974, Davis 1976).

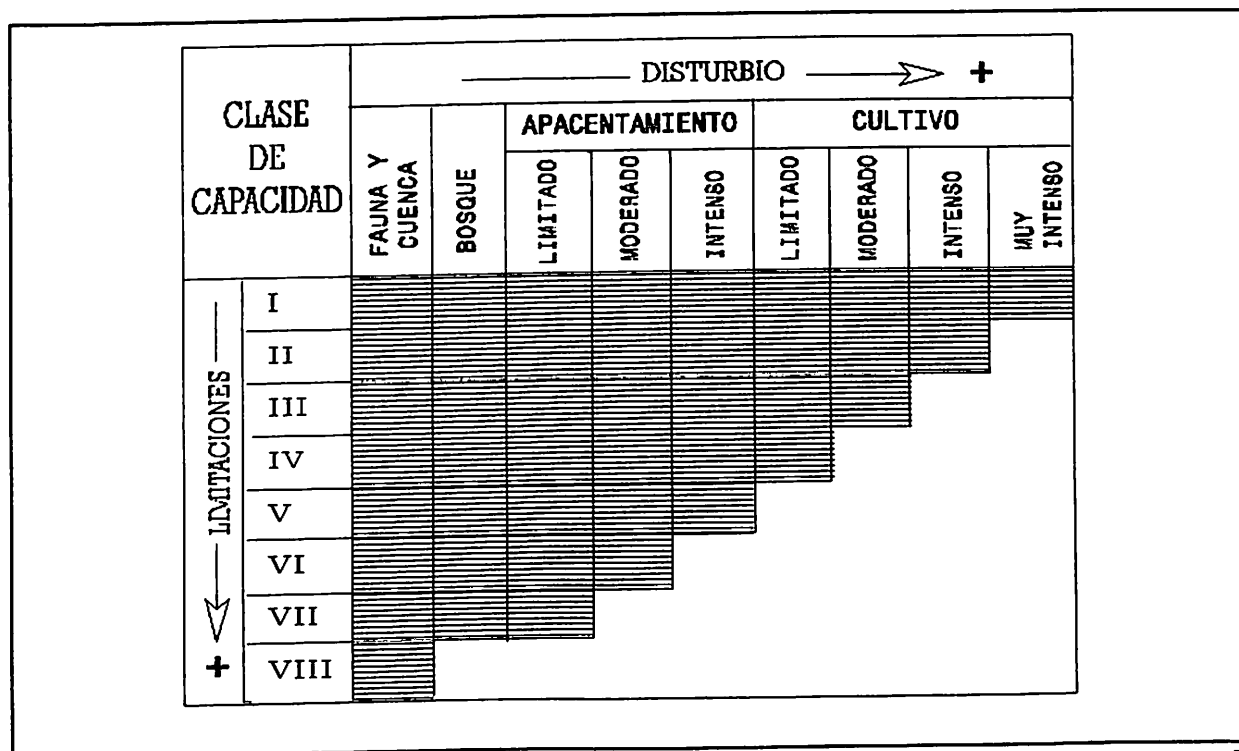


Figura 5.2 Clasificación de la tierra adoptado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos. Modificado de USDA 1966.

Las clases de suelo también tienen relación con el grado y tipo de tecnología, así el sistema se ha modificado en sus parámetros o criterios de definición en cada país, por ejemplo terrazas agrícolas irrigadas por gravedad en Tailandia, impensables en los Estados Unidos.

Descripción de clases.

CLASE I

Terrenos casi planos, pendiente nula o suave, suelo profundo o muy profundo, no propensos a la erosión y con muy buen drenaje, son muy fértiles, hay precipitación pluvial suficiente casi todo el año, son aptos al cultivo sin necesidad de métodos especiales, requieren de un tratamiento mínimo de

conservación, sin embargo requieren una constante vigilancia de su fertilidad.

CLASE II

Suelos con profundidad moderada (60 a 90 cm), pendiente de ligera a ondulada y con un grado normal de erosión, hay lluvias veraniegas suficientes para casi todos los cultivos excepto por algunas necesidades de riego de auxilio. Esta clase requiere de prácticas permanentes de combate de la erosión, las cuales son: cultivos en fajas, curvas a nivel y rotación de cultivos.

CLASE III

Limitaciones muy severas, suelos susceptibles a la erosión, haciéndose necesarias prácticas especiales para combate de la erosión, se dispone de agua en verano, pendientes del 6 al 10 %, suelos poco profundos (hasta 60 cm) presentan piedras grandes y poca retención de humedad. Esta clase necesita remoción de piedras, fertilización anual, construcción de terrazas, rotación trianual de cultivos.

CLASE IV

Suelo somero (hasta 30 cm), pendiente hasta el 15 %, hay necesidad de riego todo el año pero aún es variable una agricultura de temporal, sirve para cultivos muy limitados, tiene una alta susceptibilidad a la erosión severa del agua y viento, requieren de métodos intensivos de conservación como: terrazas, cortinas rompevientos y fertilización química anual.

CLASE V

No es propia para cultivos, terrenos con pendientes del 9 al 15 %, propias sin limitaciones para vegetación perene como bosques y praderas naturales, suelo superficial (hasta de 30) demasiado pedregoso, el grado de erosión es muy severa si está desprovista de vegetación. La práctica de conservación es la rotación de la potreros, evitar el sobrepastoreo y efectuar reforestaciones.

CLASE VI

Terrenos con pendiente del 16 al 30 % ofrecen una escasa resistencia a la erosión hídrica, pueden presentar una pedregosidad excesiva, suelos poco profundos, propicios para pastizales y bosques. Se recomiendan prácticas de conservación tales como: recuperación del pastizal natural, reforestaciones, rotación de potreros y la prevención de incendios forestales.

CLASE VII

Terrenos montañosos que deberán destinarse a bosques y sujetos a erosiones severas.

CLASE VIII

Son terrenos pedregosos, desérticos o inundados, no son aptos para usos agrícolas o forestales, debiendo destinarse al fomento de la fauna silvestre y como cuenca hidrológica.

USO ACTUAL DEL SUELO.

Es el uso actual que recibe una determinada área o porción de terreno incluido el tipo y grado de manejo, en consecuencia, constituye el criterio mediante el cual se deberá comparar el uso que se debe dar y el que se da de hecho. De acuerdo con la FAO (1989), del total de área de la tierra (cerca de 13 billones de hectáreas, excluyendo la Antártida), el 10% es usada para la agricultura, el 25% para pastizal, el 31% es forestal, mientras que el 33% es para otros usos. En el caso de México (FAO 1994) se estima que existen 30 millones de hectáreas (15% del territorio) con potencial agrícola, de ellas se siembran anualmente alrededor de 23 millones, el resto son tierras con mal temporal o se encuentran en descanso para su recuperación. La ganadería ocupa entre 100 y 120 millones de hectáreas lo cual representa entre el 50 y 60% del territorio nacional, la superficie forestal en 1991 de acuerdo con el Inventario Nacional Forestal era de 141.5 millones de hectáreas (72%) (Fig. 5.3).

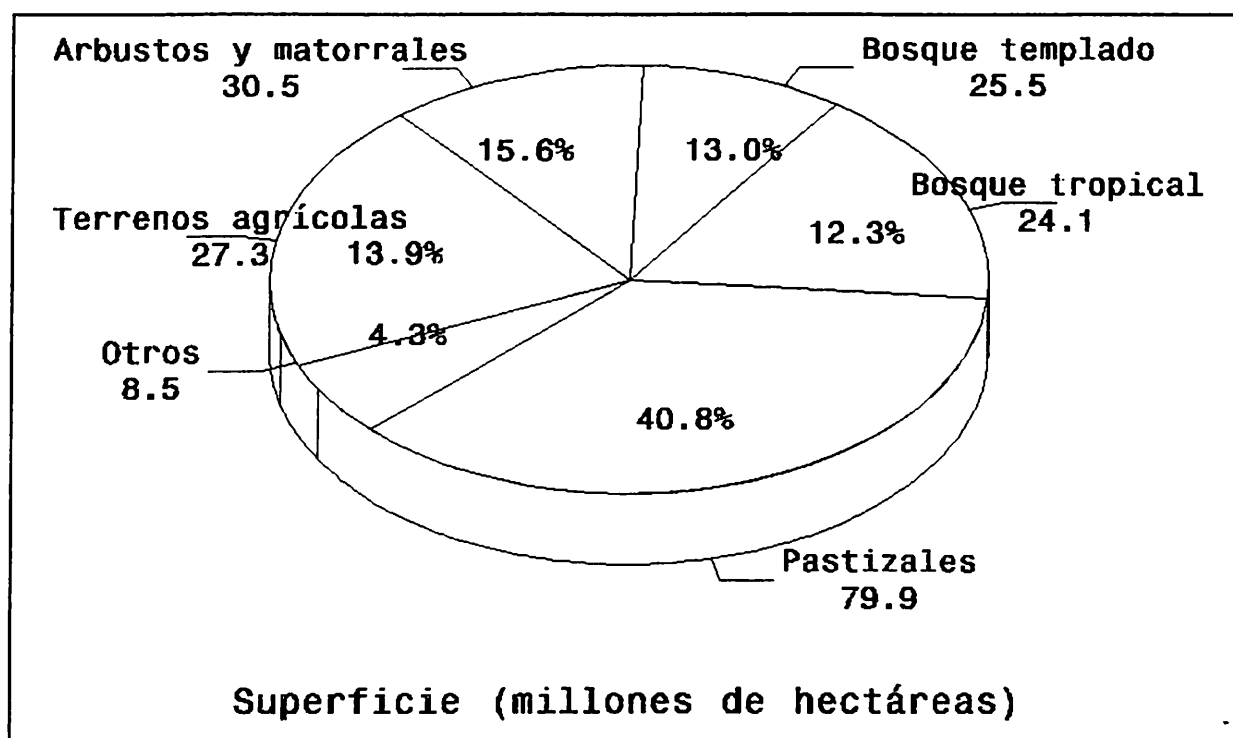


Figura 5.3 Principales usos del suelo en México. Fuente: SEDESOL/INE 1993.

La aplicación del concepto de uso de la tierra es vital para alcanzar un uso continuado de los recursos a través del tiempo, enmarcado dentro del concepto de conservación (Davis 1976), es decir, a lo que actualmente se denomina sustentabilidad. Con ese criterio como marco de referencia, se ha usado con objetivos específicos tales como el uso del recurso agua (Pereira 1973) y manejo de la fauna silvestre. En este último caso se ha convertido en estrategia para eliminar las prácticas que no siendo sostenibles deberán replanearse, asegurando en consecuencia la estabilidad de las poblaciones animales (NAS 1970), haciéndose hincapié en la conservación del hábitat como fundamento indispensable (Morrison et al. 1992; Patton 1992; Payne y Bryant 1994). Igualmente importante es su aplicación para definir derechos de uso y para establecer políticas y legislación al respecto (Healy 1976).

DESERTIFICACION.

Desertificación se refiere a la destrucción o disminución del potencial productivo de la tierra que puede terminar en definitiva en condiciones de tipo desértico. Constituye un aspecto del deterioro generalizado de los ecosistemas y ha reducido o eliminado el potencial biológico, vegetal y animal, en diversas áreas del planeta (Dregne 1976; NU 1977). Se debe diferenciar de **desertización**, debido a que este es un proceso natural y necesita de una escala de tiempo geológico para manifestarse (Medellin 1978).

La desertificación resulta como un efecto combinado de varios factores, principalmente de los efectos de la población humana en crecimiento exponencial (Le Hourérou 1992; Winstanley 1983) tales como el sobreapacentamiento (Skarpe 1991), la apertura de tierras sin potencial al cultivo (Nebel y Wright 1996) y la deforestación. El efecto combinado resulta en deterioro del suelo y condiciones desérticas a pesar de que el clima permanece aparentemente no alterado (Winstanley 1983).

Se dice que se presenta desertificación cuando el potencial productivo disminuye 10% o menos. Cuando disminuye entre 10 y 25% se dice que es moderada, severa, cuando disminuye entre 25 y 50% y por último muy severa cuando disminuye mas del 50% (Miller 1994).

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) se estima que en el inicio de los noventas, cerca de 3.6 billones de hectáreas (cerca del 70% de las tierras potencialmente productivas) estaban afectadas por la desertificación. Una tercera parte de todas las tierras agrícolas estaban ligeramente degradadas, la mitad estaba moderadamente degradada y el 16% estaba extremadamente degradada. Actualmente el 65% de las tierras agrícolas en Africa, el 45% en Sudamerica, el 38% en Asia y el 25% en Norte América y Europa están afectadas por la degradación del suelo. En México, por lo menos el 70 % de las tierras agrícolas están afectadas por la erosión del suelo (Renner 1997).

ORDENAMIENTO ECOLOGICO DEL TERRITORIO.

El acelerado crecimiento de la población humana, la creciente y desordenada urbanización, así como las actividades productivas carentes de criterios ecológicos han dado origen a grandes problemas ambientales. Ante esta situación es necesario incorporar la variable ambiental a todos los procesos de desarrollo (SEDESOL/INE 1993a), por lo que se debe considerar una planeación integral (INEGI 1995) con sustento en la **vocación natural** del suelo y los recursos naturales, entendiéndose ésta como la capacidad para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos (LGEEPA 1994).

El elemento central de la planeación integral de las actividades productivas lo constituye el **ordenamiento ecológico del territorio** (SEMARNAP 1996; SEDESOL/INE 1993c), el cual se define como la proyección espacial de las políticas social, cultural, ambiental y económica de una sociedad (Gómez 1994), es decir, vincula las actividades humanas al territorio con una base ecológica y en consecuencia, genera una serie de alternativas de distribución de usos (Gómez 1978; Gonzalez 1979).

De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el ordenamiento ecológico es un instrumento cuyo objetivo es la planeación dirigida a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente (LGEEPA 1994). Este ordenamiento se basa en la determinación del uso potencial de los terrenos, en función de un posible uso agrícola, ganadero, forestal o urbano sin riesgo de degradación (SEMARNAP 1996).

El ordenamiento ecológico del territorio utiliza, de forma interdisciplinaria, conocimientos científicos en el diseño técnico del modelo territorial y en su gestión, sin embargo sus planes no deben ser cerrados y rígidos, sino abiertos y flexibles aunque sin dar opción a la arbitrariedad

en su gestión (Gómez 1994).

El ordenamiento ecológico permite una visión integral de todos los niveles territoriales. En México, estos niveles se determinan en función del clima, relieve, suelo, agua, flora y fauna (INEGI 1995), lo cual permite una regionalización ecológica que va de niveles generales a específicos. En el nivel general se encuentran las zonas ecológicas (árida, templada, trópico húmedo y trópico seco) y las provincias ecológicas zonificadas de acuerdo a la similaridad climática, geológica, hidrológica, vegetacional y suelos. En el nivel específico se encuentra el sistema terrestre formado por sistemas topográficos homogéneos y atributos físicos, bióticos, ambientales y socioeconómicos; el paisaje terrestre que se refiere a las divisiones más simples formado principalmente por el criterio edáfico; la unidad natural la cual es la unidad más pequeña y tiene un tipo particular de suelo, así como características edafológicas, geomorfológicas, hidrológicas y microclimas específicos (SEDESOL/INE 1993b; 1993c). Dentro de estas unidades naturales se integran las unidades de gestión ambiental que son el sustrato de programas específicos de ordenamiento ecológico (INEGI 1995).

En resumen, el ordenamiento ecológico debe mantener a largo plazo el potencial del suelo y los recursos que contiene, usando racionalmente el territorio; donde cada actividad debe colocarse en el sitio territorialmente más capaz, todo esto dentro de un marco de desarrollo socioeconómico equilibrado.

LITERATURA CITADA

- Boul, S.W., F.D. Hole, R.J. McCracken and R.J. Southard. 1997. Soil Genesis and Classification. 4 ed. The Iowa State University Press. Ames.
- Brady, N.C. 1974. The nature and properties of soils. 8 ed. Macmillan Publishing Co. Inc. New York.
- Davis, K.P. 1976. Land Use. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Dregne, H.E. 1976. Desertification: symptom of a crisis. In: Paylore, P. and R.A. Haney, Jr. (eds). Desertifica-

tion: process, problems, perspectives. Arid/Semi-Arid Natural Resource Program. The University of Arizona. Tucson. pp 12-24

FAO-United Nations, Food and Agricultural Organization. 1989. 1988 FAO Production Yearbook. Rome.

FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1994. Recursos naturales y medio ambiente. Documento Técnico No. 11. Proyecto UTF/MEX/030/MEX. EL.14-94. México.

Gómez O.,D. 1978. El medio físico y la planificación I. Centro Internacional de Formación en Ciencia Ambientales (CIFCA). Madrid.

Gómez O.,D. 1994. Ordenación del territorio: una aproximación desde el medio físico. Instituto Tecnológico Geominero de España, Editorial Agrícola de España. Madrid.

González A.,S. et. al. 1979. Planificación física y ecología: modelos y métodos. Editorial Magisterio Español, S.A. Madrid

Healy, R.G. 1976. Land Use and the States. John Hopkins University Press.

INEGI-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1995. Estadísticas del medio ambiente, México 1994. México.

Le Houérou, H.N. 1992. Outline of Biological History of the Sahara. J. Arid Environ. 22: 3-30.

LGEEPA-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1994. Versión del Diario Oficial (28 de enero de 1988). 3 ed. Ediciones Delma S.A. de C.V. México.

Medellin L., F. 1978. La desertificación, problema de alcance mundial. In: F. Medellin L. (ed). La desertificación en México. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P.

Miller, G.T., Jr. 1994. Living in the Environment. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.

Morrison, M.L., B.C. Marcot, and R.W. Mannan. 1992. Wildlife-Habitat Relationships. The University of Wisconsin Press. Madison

NAS-National Academy of Sciences. 1970. Land Use and

- Wildlife Resources. National Academy of Sciences. Washington.
- Nebel, B.J. 1987. Environmental Science: the way the world works. 2 ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Nebel, B.J., and R.T. Wright. 1996. Environmental Science: the way the world works. 5 ed. Prentice Hall. Upper Saddle River.
- NU-Naciones Unidas. 1977. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación. 1977. Desertificación: Visión de conjunto. Anteproyecto. Tema 4 del programa provisional de la reunión preparatoria para las Américas. Santiago de Chile.
- Patton, D.R. 1992. Wildlife Habitat Relationships in Forested Ecosystems. Timber Press. Portland.
- Payne, N.F, and F.C. Bryant. 1994. Techniques for Wildlife Habitat Management of Uplands. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Pereira, H.C. 1973. Land Use and Water Resources. Cambridge University Press. Cambridge.
- Renner, M. 1997. Transforming security. In: Brown, L.R., et al. State of the World 1997. W.W. Norton & Company, Inc. New York. pp. 115-131
- SEDESOL/INE-Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. 1993. México: Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1991-1992. México.
- SEDESOL/INE. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. 1993a. Ordenamiento ecológico general del territorio nacional: Informe técnico. México.
- SEDESOL/INE. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. 1993b. Ordenamiento ecológico general del territorio nacional: Memoria técnica. México.
- SEDESOL/INE. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. 1993c. Ordenamiento ecológico general del territorio nacional: Resumen ejecutivo. México.
- SEMARNAP-Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1996. Programa del medio ambiente 1995 - 2000. Diario Oficial, miércoles 3 de abril de 1996. México.

- Skarpe, C. 1991. Impact of Grazing in Savanna Ecosystems. *Ambio* 20: 351-56.
- USDA-United States Department of Agriculture. 1966. Soil Survey Staff. Soil Survey Manual. USDA. Agric. Handbook Company.
- Vink, A.P.A. 1975. Land use. In advancing agriculture. Springer-Verlag. Berlin.
- Winstanley, D. 1983. Desertification: A climatological Perspective. In: Wells, S.G., and D.R. Naragan (eds.). Origin and Evolution of Deserts. University of New Mexico Press. Albuquerque. pp. 185-213.

6. SUELO

El suelo no es sólo la superficie de la tierra donde viven o pueden vivir las diversas formas de vida, sino que es un ecosistema complejo. A pesar de ser una capa relativamente delgada que va desde solo milímetros a unos 50 cm de espesor, constituye una reserva de los elementos químicos necesarios para las plantas y en consecuencia para todos los animales. Sobre él y en su interior vive una buena parte de la fauna terrestre y como sucede en otros ecosistemas, si se altera una o más partes se puede trastornar el resto y en caso extremo se puede causar un colapso, es decir, no puede considerarse como un recurso inagotable. Para entender al suelo como recurso natural se tiene que percibir como un ecosistema que constituye el hábitat de numerosas especies que intercambia materia con la hidrósfera y afecta la composición de la atmósfera a través de la actividad volcánica y los productos de la descomposición radiactiva (Castillon 1992; Chiras 1991; Larcher 1983; Nebel y Wright 1996).

ENFOQUE AGRONOMICO, ECOLOGICO Y PEDOLOGICO.

El vocablo suelo tiene varios significados dependiendo del enfoque con que se tome. Edafológicamente se considera al suelo desde el punto de vista práctico de su utilización o manejo para la producción de alimentos y fibras y se define suelo como material no consolidado, producto del intemperismo, que provee un medio compuesto por agua, aire y material mineral y orgánico necesario para el crecimiento de las plantas que producen cultivos y mantienen al ganado y las poblaciones de fauna silvestre (Brady 1974; Buol et al. 1997; Kohnke y Bertrand 1959; Larcher 1983). En este contexto se

considera al suelo como un bien de comodidad y es lo que se conoce como enfoque agronómico del suelo. La roturación del suelo como proceso esencial de la agronomía produce por si misma desprendimientos que propician pérdidas de suelo. Debido a que el proceso de formación del suelo es muy lento, resulta indispensable protegerlo, pues un suelo desprovisto de vegetación está expuesto a alteraciones físicas, que en muchos casos puede conducir a su erosión. Por otro lado, la producción agronómica reduce los nutrientes del suelo con la consecuente reducción en productividad (Castillon 1992; Tisdale y Nelson 1975).

Ecológicamente forma parte de la ecósfera o medio ambiente y está condicionado por el clima, el material parenteral, el relieve, la biota y el tiempo (Jenny 1941; 1958; Larcher 1983). Desde este punto de vista es objeto de estudio de la pedología o parte de la ciencia del suelo que integra el estudio de génesis y clasificación de suelo, es decir, la ciencia que trata sobre los factores y procesos de formación del suelo en condiciones naturales y su clasificación (Brady 1974; Buol et al. 1997; Ortiz y Ortiz 1980). Pedológicamente se considera al suelo como una entidad natural, completa en si misma (Cline 1949) y al considerar los factores determinantes se puede planear el uso de la tierra en el marco conceptual de ecosistemas para determinar necesidades de manejo sin producir deterioro (Buol et al. 1997; Daubenmire 1974).

Se define como el substrato sólido de las comunidades terrestres, compuesto de minerales, orgánicos, agua y gases, originado a partir de la roca madre por la acción del clima y de la vegetación en el cual crecen las plantas (Billings 1968; Krebs 1994; Ricklefs 1979), Smith 1986). Por aplicar su estudio a suelos en condiciones naturales también se le denomina enfoque ecológico y es el que se aplica en el manejo de recursos naturales.

El enfoque pedológico no pone énfasis en el proceso de producción agronómica pero reconoce la interacción e interdependencia del suelo con otros factores y propicia, por lo tanto, la planeación del uso de la tierra en el marco conceptual de ecosistemas, el cual considera al suelo como

parte integral de cuencas a las cuales puede aplicarse la teoría de sistemas con el objeto de desarrollar modelos de simulación con fines de conservación (Branson et al. 1981; Buol et al. 1997; Cooper 1969; Pereira 1973; Richards 1974; Satterlund 1972).

CLASIFICACION DE SUELOS.

El proceso de clasificación implica ordenar o disponer por clases (RAE 1984). La clasificación del suelo es una herramienta fundamental para incrementar la cantidad y precisión de información disponible en aquellas personas que toman decisiones respecto al uso y manejo de la tierra (Aandahl y Heerwagen 1964). El objetivo es establecer grupos o subdivisiones (clases) de acuerdo con características diferenciales que permitan conocer completamente las relaciones entre los suelos y los factores responsables de sus características para identificar sus mejores usos, así como predecir su comportamiento o estimar su producción (Boul et al. 1997; Cline 1949; INEGI 1991; SCS 1975). Esta taxonomía es complicada y no existe acuerdo internacional acerca de un diseño y nomenclatura (Aguilera 1989; FitzPatrick 1985) por lo que existen varios sistemas de clasificación (Duchaufour 1978; FAO-UNESCO 1974; SCS 1975).

Clasificación de suelos en México.

El desarrollo de la clasificación de suelos es relativamente reciente en todo el mundo y particularmente en México donde se iniciaron los estudios edafológicos con la fundación de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) en 1968, después cambió su nombre a Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), actualmente es el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (Aguilera 1989).

Existe una diversidad de tipos de suelos en México (Fig. 6.1) debido a la variedad de la topografía, los climas, los tipos de rocas y las edades de formación de los paisajes. En México se emplea el sistema propuesto por la FAO-UNESCO

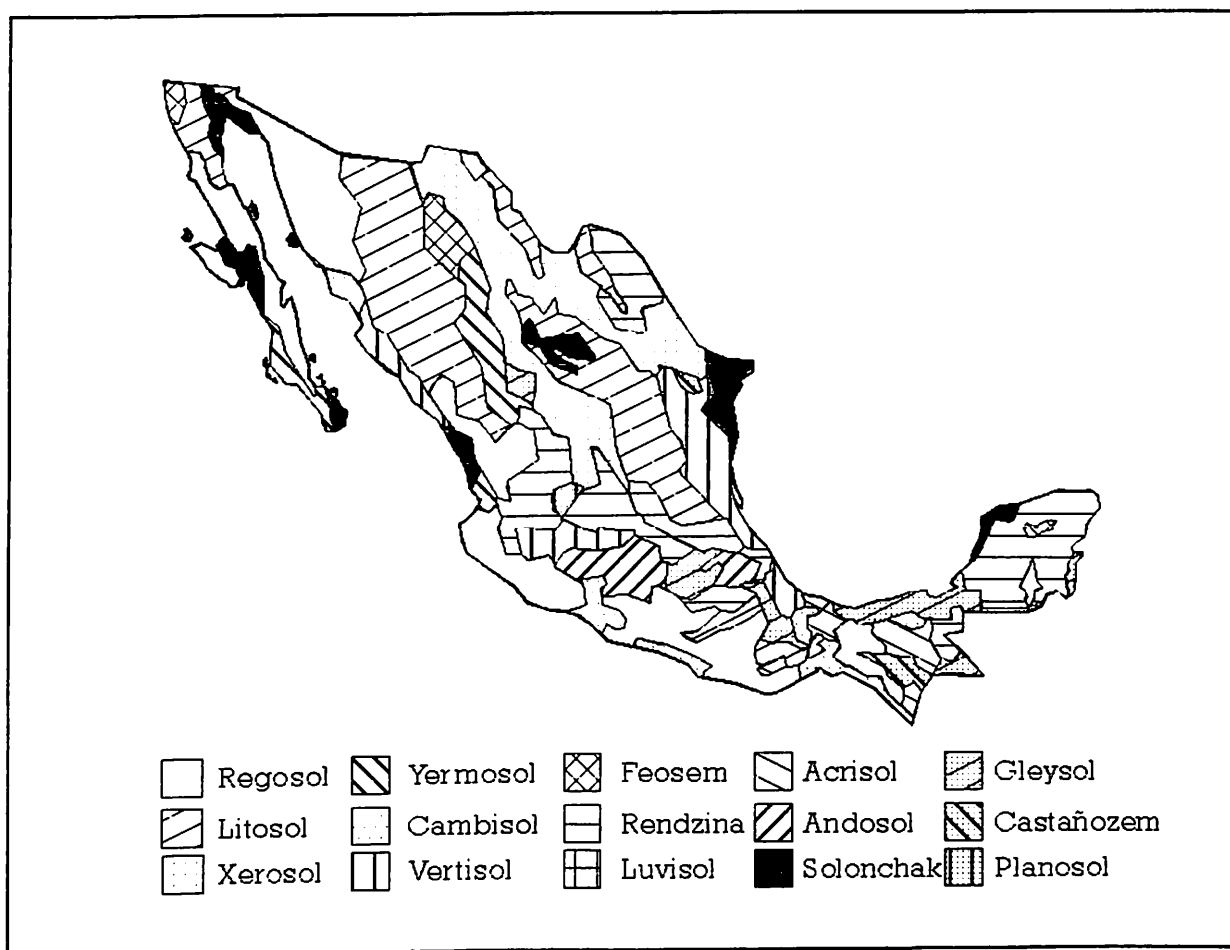


Figura 6.1 Principales tipos de suelos de la República Mexicana.

(1975), con algunas modificaciones que lo adaptan a las condiciones del país (DETENAL 1979; INEGI 1991) (Cuadro 6.1).

USO Y DETERIORO DEL SUELO

Con el progreso de la civilización el humano ha desarrollado la ciencia y tecnología que le han permitido controlar su entorno y como consecuencia ha incrementado su población a tales niveles que existe en la actualidad una gran presión para incrementar la producción de alimentos (Beasley 1972; Miller 1997; Owen 1985).

La destrucción del suelo ha sido un problema desde las antiguas civilizaciones ya que el cultivo de la tierra expone el suelo a los factores medio ambientales con su consecuente deterioro. Varios estudios han mostrado incluso, que el

Cuadro 6.1 Principales Tipos de Suelos de la República Mexicana

TIPO	DEFINICION	DESCRIPCION	VEGETACION	USO	DISTRIBUCION
ACRISOL	Del latín acris; agrio, ácido, y solum: suelo. Suelo ácido	Ácidos o muy ácidos, acumulan arcilla en el subsuelo, muy susceptibles a la erosión	Bosque o selva, de acuerdo al clima	Forestal y pecuario. En agricultura se obtienen rendimientos muy bajos, excepto fertilizando	En zonas tropicales o templadas muy lluviosas
ANDOSOL	Del japonés an; oscuro y do; tierra. Tierra negra.	Formados de cenizas volcánicas; tienen una capa superficial oscura, retienen el fósforo. Son muy ligeros y muy susceptibles a la erosión.	Bosque o selva, de acuerdo al clima	Principalmente es forestal; con buenos rendimientos, el pecuario da resultados moderados y el agrícola bajo	En zonas templadas y tropicales, en donde se haya presentado actividad volcánica
CAMBISOL	Del latín cambiare; cambiar: Suelo que cambia	Claros, poco desarrollados, semejantes al material de origen, muy susceptibles a la erosión	Cualquier tipo, de acuerdo al clima.	Se destinan a muchos usos, principalmente forestal.	En cualquier clima, menos en zonas áridas.
CASTAÑOZEM	Del latín castaneus; castaño y del ruso zemlja; tierra. Tierra castaña.	Capa superior pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes, moderada susceptible a la erosión.	Pastizal con áreas de matorral.	Principalmente ganadería extensiva, también en agricultura con rendimientos altos	En zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos
FEOZEM	Del griego phaeo; pardo y del ruso zemlja; tierra. Tierra parda	Presentan una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, su susceptibilidad a la erosión es variante.	Pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación.	Varios, en función del clima, relieve, y algunas condiciones de las subunidades de estos suelo	En varios climas, desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas
GLEYSOL	Del ruso gley. Suelo pantanoso	Saturados de humedad la mayor parte del año, de color gris, azulado o verdoso, al secarse se manchan de rojo, poco susceptibles a la erosión.	Generalmente pastizal.	Generalmente ganadería de bovinos, en algunos casos agricultura con cultivos que toleran la inundación	casi en todos los climas, en zonas donde se acumula y estanca el agua
LITOSOL	Del griego lithos; piedra: Suelo de piedra.	Profundidad menor de 10 cm hasta la roca, fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos, susceptibilidad variable a la erosión.	Diversos tipos dependiendo del clima	Depende de la vegetación. En bosques y selvas, forestal, en pastizales, apacentamiento, y en algunos casos agrícola.	En todas las sierras de México en todos los climas.
LUVISOL	Del latín luví; luo; lavar: Suelo lavado.	Rojizos en zonas tropicales y amarillentos en las templadas, muy fértiles, acumulan arcilla en el subsuelo, muy susceptibles a la erosión.	Bosque, selva o pastizal de acuerdo al clima	Principalmente forestal, agrícola con rendimientos moderados, altos en zonas tropicales.	En zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque algunos se pueden encontrar en climas algo más secos
PLANOSOL	Del latín planus, plano; llano: Suelo plano.	Bajo la capa superior, existe una capa delgada clara, infértil y ácido, a veces impide el paso de las raíces. Muy susceptibles a la erosión.	Pastizal	Ganadería con rendimientos moderados, agricultura con rendimientos variables en función del tipo de capa superficial.	Generalmente se presentan en climas semiáridos
REGOSOL	Del griego rhegos; manto, cobija: Suelo que cubre a la roca.	No presentan capas distintas, generalmente son claros, su fertilidad es variable, así como la susceptibilidad a la erosión.	Diversos	El uso agrícola está condicionado a su profundidad y pedregosidad. El uso pecuario y forestal está en función de la vegetación.	En distintos climas, en playas, dunas, y en mayor o menor grado, en las laderas de todas las sierras mexicanas.
RENDZINA	Nombre Polaco para suelos poco profundos y pegajosos sobre rocas calizas.	Capa superficial rica en humus y muy fértil, no son muy profundos, son generalmente arcillosos. Susceptibilidad moderada a la erosión.	Matorral, selva o bosque.	Se utilizan para sembrar henequén con buenos rendimientos y maíz con bajos rendimientos. El uso forestal depende de la vegetación.	En climas cálidos o templados con lluvias moderadas o abundantes
SOLOCHAK	Del ruso sol; sal: Suelos salinos.	Presentan alto contenido de sales en alguna parte del suelo, o en todo él. Son de poca susceptibilidad a la erosión.	Pastizales o algunas plantas que toleran el exceso de sal.	El uso agrícola es limitado. El pecuario depende de la vegetación, sin embargo los rendimientos son bajos.	En diversos climas, en zonas donde se acumula el salitre
VERTISOL	Del latín verto; voltear: Suelo que se revuelve, que se volteia	Son muy arcillosos con grietas anchas y profundas, pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando secos. Muy fértiles.	Selvas bajas, pastizales y matorrales de los climas semisecos.	La utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva.	Se presentan en climas templados y cálidos, en zonas en las que hay una marcada estación seca y otra lluviosa
XEROSOL	Del griego xeros; seco: Suelo seco	Áridos, rico en materia orgánica, capa superficial clara, pueden encontrarse minerales arcillosos y/o sales. poco susceptibles a la erosión.	Matorrales y pastizales.	El uso pecuario es importante en el Norte del país, el agrícola en el Centro. La agricultura de temporal, es insegura y de bajos rendimientos	En zonas áridas y semiáridas del Centro y Norte del país
YERMOSOL	Del español yermo; desértico, desolado. Suelo desolado.	Semejante a los Xerosoles, excepto en el contenido de materia orgánica en la capa superior.	Pastizal o matorral	Principalmente para conservación de vida silvestre y forestal	En las zonas áridas del Norte del país

Fuente: INEGI 1991

agotamiento y deterioro del suelo fue la causa principal de la caída de muchos imperios y que sólo unas cuantas civilizaciones como la egipcia, aplicaron medidas de conservación que permitieron mantener la productividad del suelo a niveles satisfactorios por muchos siglos (Carter y Dale 1974; Gardner 1997; Lal 1990; Lowdermilk 1953; Troeh et al. 1980).

El deterioro del suelo puede deberse a la remoción repetida de nutrientes del suelo en cada cosecha, reduciendo su fertilidad, al desprendimiento y pérdida de partículas de suelo a través de la erosión y a la contaminación (Castillon 1992; Kohnke y Bertrand 1959; Nebel y Wright 1996). Estos tres aspectos se tratarán por separado.

FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad del suelo es la capacidad inherente de un suelo para aportar nutrientes necesarios a las plantas en cantidades y proporciones adecuadas (Brady 1974; Russell 1973). El suelo debe, además, estar libre de sustancia tóxicas que limiten el crecimiento y debe tener propiedades físicas satisfactorias para las plantas. En este sentido, no todos los suelos fértiles son potencialmente productivos porque se encuentran localizados en una zona climática que no proporciona los factores necesarios para el normal desarrollo de las plantas, el agua por ejemplo, o se encuentran contaminados por desechos producto de la actividad humana (Tisdale y Nelson 1975).

En condiciones naturales los nutrientes que las plantas toman del suelo son reincorporados al mismo como tejidos muertos, estableciéndose un equilibrio en el que los nutrientes son reabastecidos. El humano cazador y recolector causó poco impacto en cuanto a la extracción de nutrientes, sin embargo, a raíz del comienzo de la agricultura empezó la explotación de nutrientes, misma que por ausencia de procesos de reabastecimiento terminó causando severas reducciones en la fertilidad con la consecuente disminución de productividad (Beasley 1972; Owen 1985; Tisdale y Nelson 1975; Troeh et al. 1980). Estos efectos se ven incrementados en áreas como

América Latina en las que el 46% de los suelos presentan baja fertilidad natural (Gardner 1997).

De los 89 elementos químicos naturalmente presentes en el suelo 17 se consideran como **elementos esenciales** a la vida de la planta (Brady 1974), son llamados así, por que cada uno de ellos tiene funciones específicas y su ausencia o deficiencia imposibilita o dificulta completar el ciclo vegetativo de la planta (Ortiz 1977; Tisdale y Nelson 1975). Los elementos que son requeridos por los organismos en grandes cantidades son llamados **macronutrientes** y los que se necesitan en pequeñas cantidades **micronutrientes**. De los macronutrientes el carbono, hidrógeno y oxígeno provienen principalmente del aire y del agua, el nitrógeno, fósforo y potasio se les conoce como **elementos primarios** ya que su deficiencia es común en muchos suelos, el calcio, magnesio y azufre son llamados **elementos secundarios** porque generalmente van como iones o como impurezas en los fertilizantes usuales. Los micronutrientes son el boro, cloro, cobalto, cobre, fierro, manganeso, molibdeno y zinc (Brady 1974).

Con el uso continuado del suelo se redujeron la fertilidad y las cosechas y desde la antigüedad se llevó a cabo la fertilización con el objeto de reponer los nutrientes perdidos. En un principio ese proceso se limitó a la aplicación de fertilizantes orgánicos tales como el estiércol, posteriormente se empezaron a aplicar fertilizantes inorgánicos mediante los cuales se proveen los 3 elementos mayores que son nitrógeno, fósforo y potasio (Owen 1985; Tisdale y Nelson 1975).

La creciente necesidad de producir mas alimentos aunado al empobrecimiento de los suelos ha obligado a los productores a aplicar cada vez mas fertilizantes inorgánicos en forma repetida, sin embargo, esto ha dado, origen a efectos secundarios indeseables, específicamente a la **eutroficación**. Esta consiste en la acumulación de nitrógeno y fósforo en el agua de ríos y lagos, proveniente de áreas agrícolas de las cuales estos elementos son acarreados por escurrimiento. La presencia de esos elementos promueven el crecimiento excesivo de plantas que terminan por agotar el oxígeno del agua, convirtiéndolas en un medio estéril (Miller 1997; Owen 1985).

La eutroficación se tratará en el capítulo pertinente a ambiente acuático.

EROSION

La erosión consiste en el desprendimiento, arrastre y deposición del suelo, ocasionado por agentes externos principalmente el agua o el viento (Figs. 6.2; 6.3 y 6.4) (Hudson 1971; Lal 1990; Satterlund 1972). Consiste en un proceso físico, natural que se ha presentado desde la aparición de la tierra (Brown y Wolf 1984; CAST 1982), sin embargo, en la actualidad debido a las actividades humanas, este proceso se ha acelerado a tal punto que excede la tasa de formación de nuevo suelo, considerándose que el índice permisible de erosión fluctúa entre 2.2 y 11.2 ton/ha/año (Logan 1977).

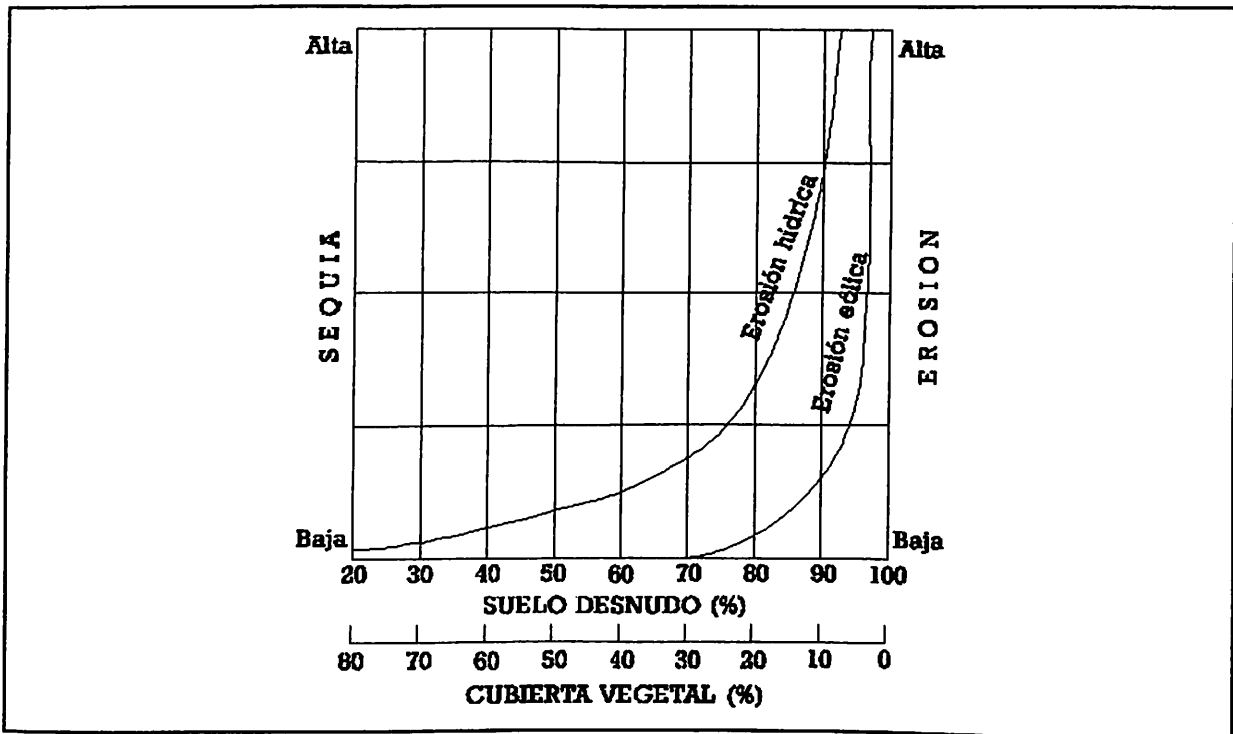


Figura 6.2 Interrelaciones entre sequía, cobertura vegetal y erosión del suelo. (Branson et al. 1981).

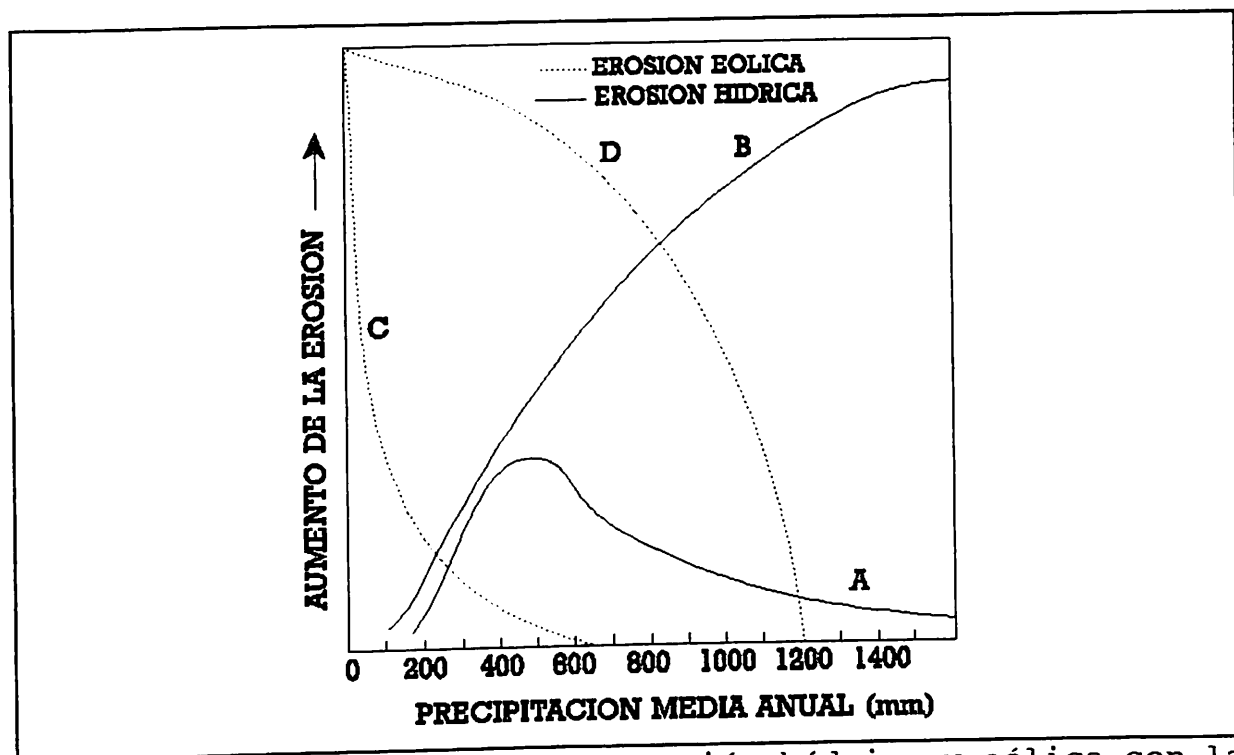


Figura 6.3 Relaciones de la erosión hídrica y eólica con la precipitación media anual en áreas con cobertura vegetal natural (A y C) y suelo desnudo (B y D).

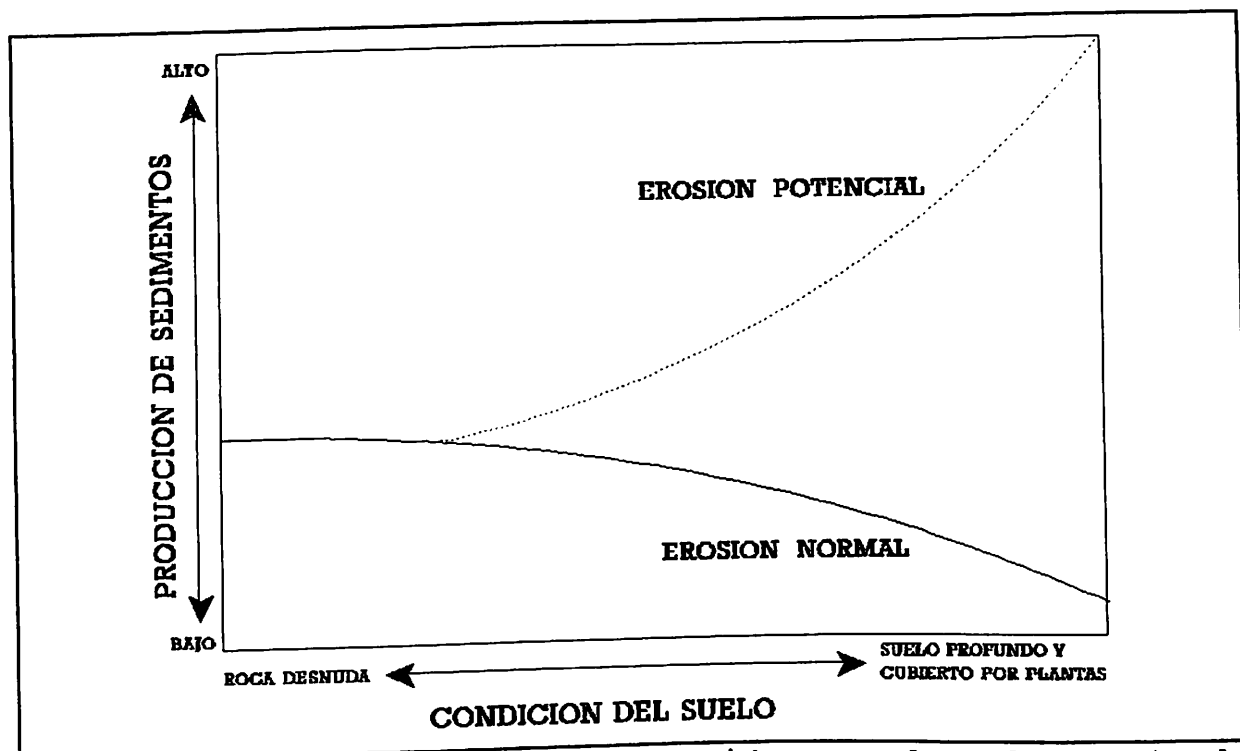


Figura 6.4 Disminución de la erosión normal y el aumento de la erosión potencial.

Mecánica de la erosión.

La erosión geológica o natural, es un proceso inevitable ocasionado por la acción constante de los diversos fenómenos

naturales. Los efectos de la erosión geológica se realizan a lo largo de períodos prolongados de tiempo y mientras destruyen suelos en un lugar son como consecuencia, formadores de suelos en otro. En condiciones naturales la tasa de erosión del suelo esta en equilibrio con su tasa de formación (Troeh et al. 1980). A pesar de que la tasa de formación de suelo no puede medirse con precisión, en general se estima que dependiendo del material parental y el clima se requieren de 200 a 1200 años para que se formen 25 mm de suelo, lo cual corresponde a 12.5 ton.m./ha. En suelos agrícolas el tiempo puede reducirse a 30 años variando esta cifra de acuerdo con el tipo de suelo y uso de que se trate (Chiras 1991; Hudson 1971; Miller 1997).

La erosión del suelo se vuelve un problema serio cuando el proceso es acelerado y su tasa excede la tasa de formación de nuevo suelo, en cuyo caso el suelo se convierte en un recurso no renovable (Miller 1997). Este tipo de erosión se llama **erosión acelerada** y puede ser producto de eventos catastróficos tales como glaciaciones, deslizamientos de suelos o inundaciones (Troeh et al. 1980) pero generalmente se produce por la acción del humano a través de la destrucción de la cubierta vegetal, el mal manejo de los suelos agrícolas, el sobrepastoreo o la deforestación (Brady 1974; Hudson 1971). Otras formas de pérdida de suelo que deben señalarse son las producidas por contaminación y por la expansión de ciudades y carreteras, sobretodo cuando éstas se construyen sobre suelos agrícolas (Gardner 1997; Nebel y Wright 1996).

Los principales agentes de la erosión son el agua, el viento y en menor grado la temperatura y los agentes biológicos. La energía que contienen las gotas de lluvia desajustan y transportan las partículas del suelo. El viento desprende y transporta las partículas del suelo y los cambios de temperatura entre el día y la noche afecta la superficie de las rocas a largo plazo cuartéandolas. Los agentes biológicos como los musgos y líquenes en las rocas, así como los animales silvestres y domésticos destruyen y disgregan el suelo exponiéndolo a la erosión por agua y viento (Brady 1974; Lal 1990).

Tipos de erosión.

Existen diferentes tipos de erosión del suelo y son clasificados de acuerdo a su principal agente de erosión (Cuadro 6.2). La erosión causada por el agua es llamada erosión hídrica, la causada por el viento eólica. La primera es causada principalmente por la lluvia y se debe a la acción dispersiva y al poder de transporte del agua que cae y escurre sobre del suelo. Sus formas principales de erosión son laminar, vertical y acanalada. La erosión eólica es causada por el viento y tiene suma importancia en las zonas áridas, semiáridas y desérticas ya que en estos lugares la cobertura vegetal es muy raquítica, en consecuencia, los suelos quedan expuestos a este factor. Las formas de erosión eólica son erosión superficial y erosión por tolvaneras (Brady 1974; Troeh et al. 1980).

Cuadro 6.2 Diferentes formas de erosión.

AGENTE	TIPO	FORMA
agua	hídrica	laminar vertical acanalada
	glacial	glacial
aire	eólica	tolvaneras superficial
Gravedad	movimiento de masas	caída deslizamiento acarreo

Modificado de Lal 1990.

A nivel mundial se han erosionado mas de doce millones de kilómetros cuadrados a partir de 1945, de los cuales un 28% se le atribuye a el mal manejo de los suelos agrícolas,

un 35% al sobrepastoreo y 30% a la deforestación (Miller 1997). Una estimación conservadora señala que globalmente se pierden 21 billones de toneladas de suelo al año, de los cuales, por ejemplo, 1.6 millones son acarreados por el Río Amarillo en China y 3.2 por el Ganges en la India (Chiras 1991). Anualmente 12 millones de hectáreas se vuelven improductivas por mal manejo (Lal y Stewart 1990) habiéndose abandonado mas de 1.5 billones de hectáreas en los últimos 40 años (Nebel y Wright 1996).

Las tasas de erosión promedian 30 a 40 ton/ha/año en Asia, Africa y Sud América y 17 ton/ha/año en Estados Unidos y Europa (Barrow 1991). En México, la información formal y sistemática sobre la erosión es escasa (Gracia y Domínguez 1994) pero se estima que el 70% del territorio está en riesgo de erosión debido a que el 65% del territorio tiene pendientes mayores al 10% con escasa cobertura vegetal al inicio de las épocas de lluvias (Enkerlin y Mier 1997). En algunas regiones, se han reportado pérdidas de suelo por erosión entre 20 y 80 ton/ha/año (Gracia 1986) y casos extremos de hasta 300 ton/ha/año (CONAZA 1994). Se estima que esto representa una pérdida entre 150 y 200 mil hectáreas de suelo arable y que en los últimos 30 años se han perdido cinco veces mas suelo que en la historia de todo el país (SARH 1993). Los estados que más erosión presentan son Guanajuato (43%), Michoacán (36%), Jalisco y Estado de México (25%) y Aguascalientes (24%) (Toledo et al. 1989). Un caso específico de erosión hídrica y eólica es el Valle de San Fernando, Tamaulipas, zona agrícola especializada principalmente en producción de granos, en esta zona se pierden 10 toneladas de suelo por año, por cada tonelada de grano cosechado por año (Enkerlin y Mier 1997).

Ecuación universal de pérdida de suelo

Uno de los aspectos más importantes para resolver los problemas de erosión de suelos es la adecuada cuantificación de este fenómeno. Esto puede realizarse a través de mediciones directas en campo o bien utilizando criterios de cálculo. La fórmula universal de pérdida de suelo (EUPS) permite cuantificar una tasa promedio de la perdida de suelo por cada

combinación factible de sistemas de cultivo y prácticas de manejo (Wischmeier y Smith 1978).

Con el transcurso del tiempo la EUPS ha sido revisada y modificada para aplicarse bajo diversas condiciones además de la estrictamente agrícola y en consecuencia resulta apropiada como una herramienta de conservación (Cutter et al. 1991; Lal 1990), sin embargo, algunos objetan la validez de su aplicación a circunstancias específicas como el manejo de pastizales (Foster et al. 1981; SRM 1984) y en consecuencias se han desarrollado alternativas tales como el proyecto de predicción de erosión por agua (Lane y Nearing 1989; Savabi et al. 1995).

La expresión general es dada por la ecuación:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Donde:

A = La pérdida de suelo por unidad de área

R = Índice de erosividad asociado a la lluvia

K = Representa la erosionabilidad del suelo

L = El factor de longitud.

S = El factor de la pendiente

C = El tipo de cultivo

P = La práctica de conservación

Los factores K, L, S, C, P pueden obtenerse de tablas y nomogramas.

CONTAMINACION.

Además de los efectos nocivos de la erosión y pérdida de fertilidad, los suelos pierden su productividad por procesos que resultan en contaminación, es decir, en la adición de

materiales que causan alteraciones indeseables (Nebel y Wright 1996). En las actividades agrícolas este proceso se da por la aplicación de deficientes técnicas de irrigación que producen salinización, por la aplicación de pesticidas y fertilizantes, por descargas directas de químicos tóxicos provenientes de la atmósfera, tal como la lluvia ácida o a partir de la industria y por el uso del suelo como vertedero de basura, aguas negras o residuos nucleares (Enkerlin y Mier 1997; Cutter *et al.* 1991; Nebel y Wright 1966; Pimentel *et al.* 1995; Turk *et al.* 1972).

La salinización es una contaminación química que ocurre por que el agua de irrigación contiene naturalmente entre 200 y 500 ppm de sales disueltas (Nebel y Wright 1966) y al evaporarse el agua del suelo asciende por capilaridad acumulándose como residuo las sales en la capa superficial del suelo (Dasmann 1976; Nebel y Wright 1996). Este proceso empieza como una calcificación (Ca, Na, Mg, K) y en climas secos en los que las sales se acumulan mas cerca de la superficie se convierte en salinización propiamente dicho (Castillon 1992). Esto puede ocurrir en concentraciones tales que impide el crecimiento vegetal y constituye uno de los factores determinantes mas importantes en el proceso de desertificación. Se estima que desde la década de los 80's por lo menos el 30% de toda la tierra irrigada a nivel mundial presentaba salinización y que 1.5 millones de hectáreas se salinizan anualmente (Nebel y Wright 1996). En México, cerca del 10% del total de la superficie abierta al riego (más de 500 mil hectáreas) se encuentra salinizada y el proceso avanza a una tasa del orden de 10 mil hectáreas anuales (FAO 1994).

Los pesticidas son químicos usados para eliminar especies que reducen el rendimiento de las cosechas y en consecuencia se consideran indeseables en la agricultura y los fertilizantes se aplican para recuperar la productividad de los suelos de agroecosistemas (Cutter *et al.* 1991. Sin embargo, los fertilizantes dejan residuos que primero se acumulan en el suelo y después pasan a las corrientes superficiales o a los mantos acuíferos y los pesticidas son persistentes, móviles y acumulativos en su paso por las

cadenas alimenticias dando lugar a lo que se conoce como **magnificación biológica** (Dasmann 1976; Miller 1997; Owen 1985).

El suelo también se ve afectado por descargas directas de contaminantes a partir de la atmósfera cuando es en forma seca o polvo o en forma húmeda conocida como lluvia ácida. Esta proviene principalmente de los humos que emanan de fábricas que usan carbón como combustible, produciendo óxidos de nitrógeno y de sulfuro que al reaccionar con la humedad atmosférica forman ácido sulfúrico y ácido nítrico. Como consecuencia la precipitación se torna ácida y contamina el suelo (Castillon 1992; Owen 1985).

Por último, el suelo puede contaminarse debido a que se usa como vertedero de basura, principalmente tiraderos a "cielo abierto" de **residuos sólidos** (cualquier descarga que no sea líquido o gas) de origen industrial o doméstico. Estos residuos, además de representar un problema ambiental, constituyen un problema de salud para los humanos que viven cerca de esos lugares, debido a que producen una gran cantidad de microorganismos patógenos (Cutter et al. 1991; Nebel y Wrigth 1996; Voguel y Rivas 1997). Algunos de estos residuos tienen características tales como corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, flamables, biológicas o radiactivas y se les conoce como **residuos peligrosos** debido a que presentan un riesgo para la salud de los seres vivos o para el ambiente y constituyen un problema aún más fuerte cuando no son degradables (Castillon 1992; Cutter et al. 1991; Miller 1997; Voguel et al. 1997).

CONSERVACION

Las estrategias de conservación aplicadas a la fertilidad del suelo consisten en el uso de **fertilizantes orgánicos** como estiercol, composta y residuos de aguas negras, la reincorporación al suelo de los denominados **abonos verdes** (pajas y rastrojos) en lugar de su recolección o quema, y la fijación biológica del nitrógeno mediante siembra de leguminosas que se reincorporarán como abono verde, conduciendo

esto a la agricultura orgánica que plantea el uso de éstos como alternativa a los fertilizantes inorgánicos (Borlaug y Enkerlin 1997; Nebel y Wright 1996). La agricultura orgánica resulta en reducciones de producción pero eliminan los efectos secundarios de contaminación tendiendo a la sustentabilidad (Nebel y Wright 1996).

El diseño de la estrategia para el control de la erosión tiene que basarse en el estudio de la mecánica de desprendimiento y transporte de las partículas del suelo por dispersión pluvial y viento; por lo tanto, las medidas de conservación tienen que incluir la protección del suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, aumentando la capacidad de infiltración del suelo para reducir el volumen de escurrimiento. Las medidas mas importantes son: a) **prácticas mecánicas**; construcción de bordos, curvas a nivel, terrazas, canales, b) **prácticas vegetativas**; incorporación de abonos orgánicos, formación de cubierta vegetal, manejo de pastizales, reforestación y c) **prácticas de manejo**; rotación de cultivos, cultivos en franja y aplicación de prácticas alternativas como siembra sin roturación (Kohnke y Bertrand 1959; Nebel y Wright 1996; Owen 1985; Troeh, et al. 1980), todo orientado al establecimiento de una agricultura sustentable (Nebel y Wright 1996).

Respecto a la contaminación, la salinización puede tratarse limpiando los suelos afectados con agua hasta que las sales pasen al subsuelo por lixiviación, sin embargo, requiere una gran cantidad de ese recurso y en consecuencia resulta limitante en lugares con escasez de agua, convirtiéndose en consecuencia en un problema persistente. Cuando los contaminantes son biodegradables pueden ser tratados mediante **bioremediación** consistente en la inyección de oxígeno y organismos que eliminarán los contaminantes (Nebel y Wright 1996).

Conservación y economía.

La aplicación de fertilizantes orgánicos como alternativa a los inorgánicos redunda en mayores costos de producción (Carlson et al. 1981; Dasmann 1976). El costo de métodos de

conservación puede presentar limitaciones para su aplicación a nivel de productores, sin embargo, el costo social de permitir la pérdida de suelo no puede justificarse. La mayoría de los productores solo decidirán a favor de prácticas de conservación cuando la productividad se vea disminuida y esto redunde en menos ganancias o pérdidas económicas (Carlson et al. 1981; Kohnke y Bertrand 1959; Wade y Heady 1977).

La pérdida de suelo por erosión o por alguno de los otros procesos debe controlarse de inmediato. La demanda de alimentos se incrementa día a día y no podrá ser cubierta si continua la tendencia a disminuir la productividad del suelo ya que la superficie cultivada para granos disminuye proporcionalmente al incremento poblacional (Fig. 6.5) A esto hay que agregar que limitantes adicionales tales como la contaminación y la creciente falta de disponibilidad de agua para riego incrementará inevitablemente la intensidad del uso del suelo y en consecuencia su erosión (Gardner 1977).

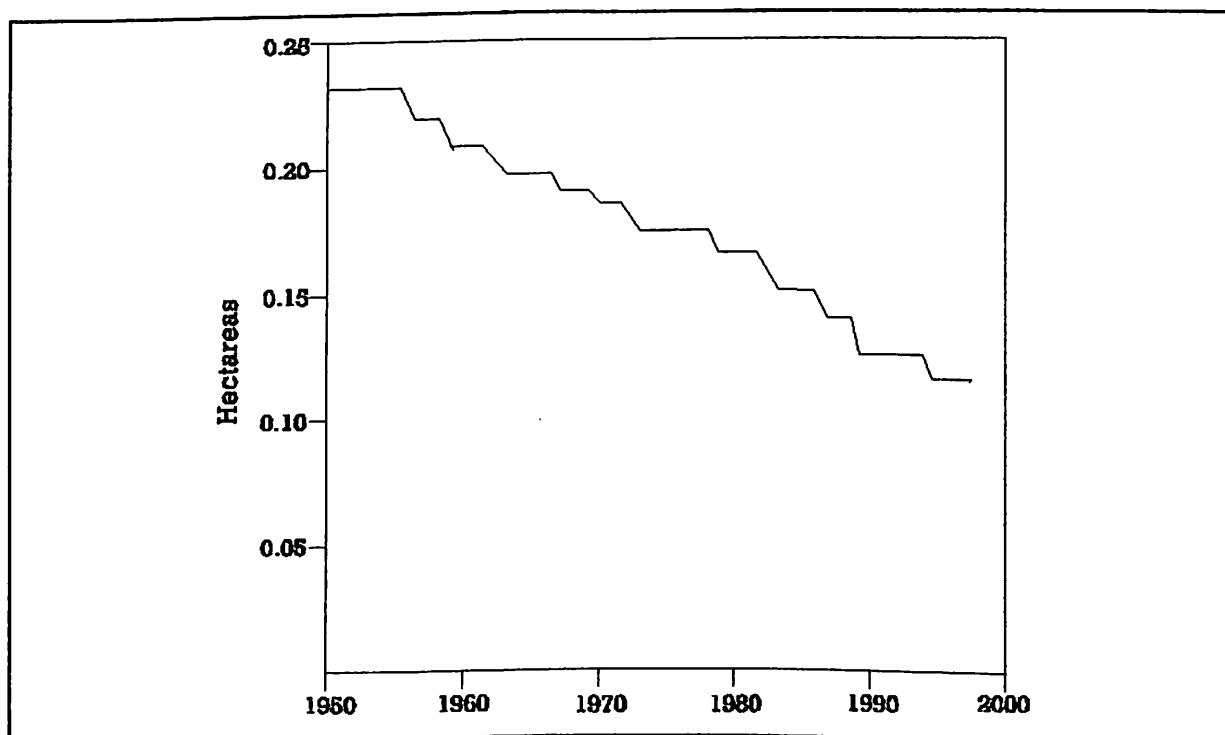


Figura 6.5 Área mundial cosechada de granos por persona, 1950-1996.

LEGISLACION

Los criterios más importantes que se fijan para el aprovechamiento racional del suelo en México se encuentran en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (LGEEPA 1994). Estos criterios determinan que el uso del suelo debe ser compatible con la vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas, debe mantener su integridad física y capacidad productiva, evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de la topografía con efectos ecológicos adversos. En aquellas zonas donde se presentan estos fenómenos se deben introducir cultivos y tecnologías que permitan revertirlos, mientras que la realización de obras públicas o privadas que puedan provocar deterioro severo de los suelos deben incluir acciones para revertirlo. Sin embargo, los criterios anteriores no han sido bien normados en reglamentos, ni integrados en la legislación agraria o pecuaria (FAO 1994), aunque algunos de ellos se encuentran en la Ley Forestal (SARH 1993). Pertinente al uso de pesticidas tampoco existen normas aprobadas, sin embargo, esto requiere particular atención porque varios productos cuya producción y venta han sido regulados, diversas agencias en los países avanzados siguen la venta y utilizándose en los países en desarrollo (Miller 1997)

EDUCACION.

Considerando que la mayor parte de la erosión de suelos se concentra en áreas de producción agrícola (mal manejo) ganadera (sobrepastoreo) o forestal (deforestación) (Pimentel 1993; Pimentel et al. 1995) los programas de educación enfocados a la conservación deberán concentrarse en los productores y manejadores de recursos a través de programas oficiales y extensión universitaria.

LITERATURA CITADA

- Aandahl, A.R. and A. Heerwagen. 1964. Forage plant physiology and soil-range relationships. American Society of Agronomy. Special publication No. 5. Madison, Wisconsin. pp. 133-146.
- Aguilera H., N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo I. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Beasley, R.P. 1972. Erosion and sediment pollution control. Iowa State University Press. Ames.
- Billings, W.D. 1968. Las plantas y el ecosistema. Herrero Hermanos Sucesores, S.A. México.
- Borlaug N.E., E.C. Enkerlin H. 1997. Agricultura y alimentación. In Enkerlin, E.C., G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (Editores). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp 291-318.
- Boul, S.W., F.D. Hole, R.J. McCracken, and R.J. Southard. 1997. Soil Genesis and Classification. 4 ed. Iowa State University Press. Ames.
- Brady, N.C. 1974. The nature and properties of soils. 8 ed. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Branson, F.A., G.F. Gifford, K.G. Renard, and R.F. Hadley. 1981. Rangeland Hydrology. 2 ed. SRM Range Science Series No. 1. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque.
- Brown, L.R., and E.C. Wolf. 1984. Soil erosion: Quiet crisis in the world economy. Worldwatch Paper 60. Worldwatch Institute. Washington.
- Carter, V.G, and T. Dale. 1974. Topsoil and Civilization. University of Oklahoma Press. Norman.
- CAST-Council for Agricultural Science and Technology. 1982. Soil erosion: its agricultural, environmental, and socioeconomic implications. Report No. 92. Ames, Iowa.
- Castillon, D.A. 1992. Conservation of natural resources: A resource management approach. WCB Publishers. Dubuque, IA.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science. Action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City.

- Cline, M.G. 1949. Basic Principles of Soil Classification. Soil Sci. 67: 81-91.
- CONAZA-Comisión Nacional de Zonas Áridas. 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México. CONAZA, SEDESOL. México.
- Cooper, C.F. 1969. Ecosystem models in watershed management. In: G.M. Van Dyne. The ecosystem concept in natural resource management. Academic Press. New York. pp. 309-324.
- Cutter, S.L., H.L. Renwick, W.H. Renwick. 1991. Exploitation, conservation, preservation: a geographic perspective on natural resource use. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Duchaufour, P. 1978. Ecological atlas of the soils of the world. Masson Publishing USA, Inc. New York.
- Daubenmire, R.F. 1974. Plants and Environment. 3 ed. John Wiley & Sons. New York.
- DETENAL-Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica detenal. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- Enkerlin H., E., R.C. Mier R. 1997. Suelo y agua. In Enkerlin, E.C., G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (Editores). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp. 235-261
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1994. Recursos naturales y medio ambiente. Documento Técnico Núm. 11, Proyecto UTF/MEX/030/MEX. EL. 14-94, IMTA, México.
- FAO-UNESCO-Food and Agriculture Organization of the United Nations and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1975. Soil map of the World 1:5 000 000. Vol. III Mexico and Central America. Paris.
- FitzPatrick, E.A. 1985. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. CECSA. México.
- Foster, G.R., J.R. Simanton, K.G. Renard, L.J. Lane, and H.B. Osborn. 1981. Discussion of "Application of the universal soil loss equation to rangelands on a per-storm basis" by Trieste and Gifford in Journal of Range Management 33:66-70, 1980. Journal of Range Manage. 34(2):161-166.

- Gardner, G. 1997. Preserving global cropland. *In* Brown et al. State of the World 1997. W.W. Norton & Company. New York. pp. 42-59.
- Gracia, S.J. 1986. Estado del arte del problema de sedimentación de embalses. Informe del II, UNAM, a la CFE. México.
- Gracia, J., R. Domínguez. 1994. La erosión hídrica de suelos. CENAPRED Num. 8:2-3.
- Hudson, N. 1971. Soil conservation. Cornell University Press. Ithaca, New York.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1991. Datos básicos de geografía de México. 2 ed. México.
- Jenny, H. 1941. Factors in Soil Formation. McGraw-Hill. New York.
- Jenny, H. 1958. Role of the plant factor in the pedogenic functions. Ecology 39:5-16
- Kohnke, H. and A.R. Bertrand. 1959. Soil conservation. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Krebs, C.J. 1994. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. 4 ed. HarperCollins CollegePublishers. New York.
- Lal, R. 1990. Soil erosion in the tropics. McGraw Hill, Inc. New York.
- Larcher, W. 1983. Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag. Berlin.
- Logan, T.J. 1977. Establishing soil and sediment yield limitas for agricultural land. Proc. of Soil Erosion and Sedimentation. ASAE pp. 59-68.
- Lowdermilk, W.C. 1953. Conquest of the land through seven thousand years. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Agricultural Information Bulletin 99. Washington, D.C.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental science: working with the earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Nebel, B.J., and R.T. Wright. 1996. Environmental Science. Prentice Hall. Upper Saddle River.

- Ortiz, B., y A.A. Ortiz. 1980. Edafología. 3 ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortiz, B. 1977. Fertilidad de suelos. UACH. Chapingo, México.
- Owen, O.S. 1985. Natural Resource Conservation. 4 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- Pimentel, D. (ed). 1993. World soil erosion and conservation. Cambridge University Press. Cambridge.
- Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri, and R. Blair. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science. 267:1117-1123
- RAE-Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. 20 ed. Editorial Espasa-Calpe, S.A. Madrid.
- Richards, B.N. 1974. Introduction to the soil ecosystem. Longman Group Limited. London.
- Ricklefs, R.E. 1979. Ecology. 2 ed. Chiron Press, Incorporated. New York.
- Russel, E.W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10 ed. Longman. London.
- SARH- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Ley Forestal. Dirección General Jurídica de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- Savabi M.R., W.J. Rawls, and R.W. Knight. 1995. Water erosion prediction project (WEPP) rangeland hydrology component evaluation on a Texas range site. J. Range Manage. 48(6): 535-541.
- Satterlund, D.R. 1972. Wildland watershed management. John Wiley & Sons. New York.
- Smith, R.L. 1986. Elements of ecology. 2 ed. Harper & Row, Publishers. New York.
- SCS-Soil Conservation Service. 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Soil Survey Staff. Agricultural Handbook 436. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Washington, D.C.
- SRM-Society for Range Management. 1986. Position statements by SRM: Misuse of universal soil loss equation (USLE) as

a means for evaluating rangeland resources. *Rangelands* 6(3):139-140

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil fertility and fertilizers. Macmillan Publishing Company. New York.

Toledo, V.; J. Carabias, C. Toledo y C. Gonzalez. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México.

Troeh, F.R., J.A. Hobbs, and R.L. Donahue. 1980. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. Prentice-Hall, Inc. Englewood cliffs, N.J.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. United States Department of Agriculture. Handbook No. 537.

7. AIRE

El aire es una mezcla de varios gases, en su composición incluye nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, argón y otros gases semejantes a este (Bryner 1993; Chiras 1991; Miller 1994; 1997; Turk et al. 1972), en el Cuadro 7.1 se muestra su composición mas detallada. El aire es un recurso muy importante, sin su presencia la vida sería imposible tanto en la tierra como en el mar, pues permite respirar, e incluso disminuye el calor de los organismos.

LA ATMOSFERA

La tierra está rodeada de una capa de aire cuyos elementos captan y devuelven la luz solar. Esta capa es la atmósfera y se divide en varios estratos (Fig. 7.1), cuya composición y temperatura varían con la altura (Cutter et al. 1991). El primer estrato es la tropósfera, su espesor varía de los 17 km sobre el nivel del mar en el ecuador a 8 km en los polos, contiene cerca del 75% de la masa de aire y la cantidad de vapor de agua varía de 0.01% en los polos a 5% en los trópicos húmedos (Chiras 1991). La temperatura disminuye con la altitud en un promedio de 6.5°C/km hasta alcanzar -80°C en la tropopausa la cual es el límite de esta capa con la estratósfera (Anthes 1992; Levin 1985).

La estratósfera se extiende hasta alrededor de 50 Km, su composición es similar a la anterior, pero con dos excepciones notables; el volumen del vapor de agua es mil veces menor y el de ozono (O_3) es mil veces mayor (Miller 1994; 1997). El ozono forma una pequeña capa que llega hasta los 30 km, filtra cerca del 99% de los rayos ultravioleta (UV) del sol y protege a los seres vivientes de sus efectos nocivos. En la tropósfera la temperatura disminuye con la altura, sin

Cuadro 7.1 Composición natural del aire seco (sin vapor de agua)

GASES		CONCENTRACION ppm	VOLUMEN %
Gases principales			
Nitrógeno, N ₂		780,900	78.09
Oxígeno, O ₂		209,400	20.94
Argón, Ar		9,300	0.93
Dióxido de Carbono, CO ₂		315	0.03
Gases raros			
No Reacti- vos	Gases inertes	25	.002
	Neón, Ne	18	
	Helio, He	5	
	Criptón, Kr	1	
	Xenón, Xe	1	
	Hidrógeno, H ₂	0.5	
Reacti- vos	Ox. nitroso N ₂ O	0.5	
	Metano, CH ₄	1	
	Monóxido de Carbono, CO	0.1	
	Oxidos de N ₂ O. Nítrico NO D. de N ₂ , NO ₂	0.02	
	Amoníaco, NH ₃		
	D de Azufre SO ₂		
	Ozono, O ₃	0.02	

Modificado de Strauss y Mainwaring 1990 y Turk, et al. 1972

embargo, en ésta se revierte y comienza a aumentar hasta llegar a un promedio de 0°C en la **estratopausa** que es el límite superior de esta capa.

En la **mesósfera**, la temperatura disminuye con la altitud alcanzando alrededor de -83°C en la **mesopausa** (80 km). Sin embargo, en la **termósfera** que se extiende hasta los 400 km, donde se producen las auroras boreales, la temperatura aumenta de nuevo alcanzando altos grados debido a la alta radiación solar sobre las moléculas gaseosas. Mas allá de esta capa se extiende la **exósfera** donde reina una temperatura

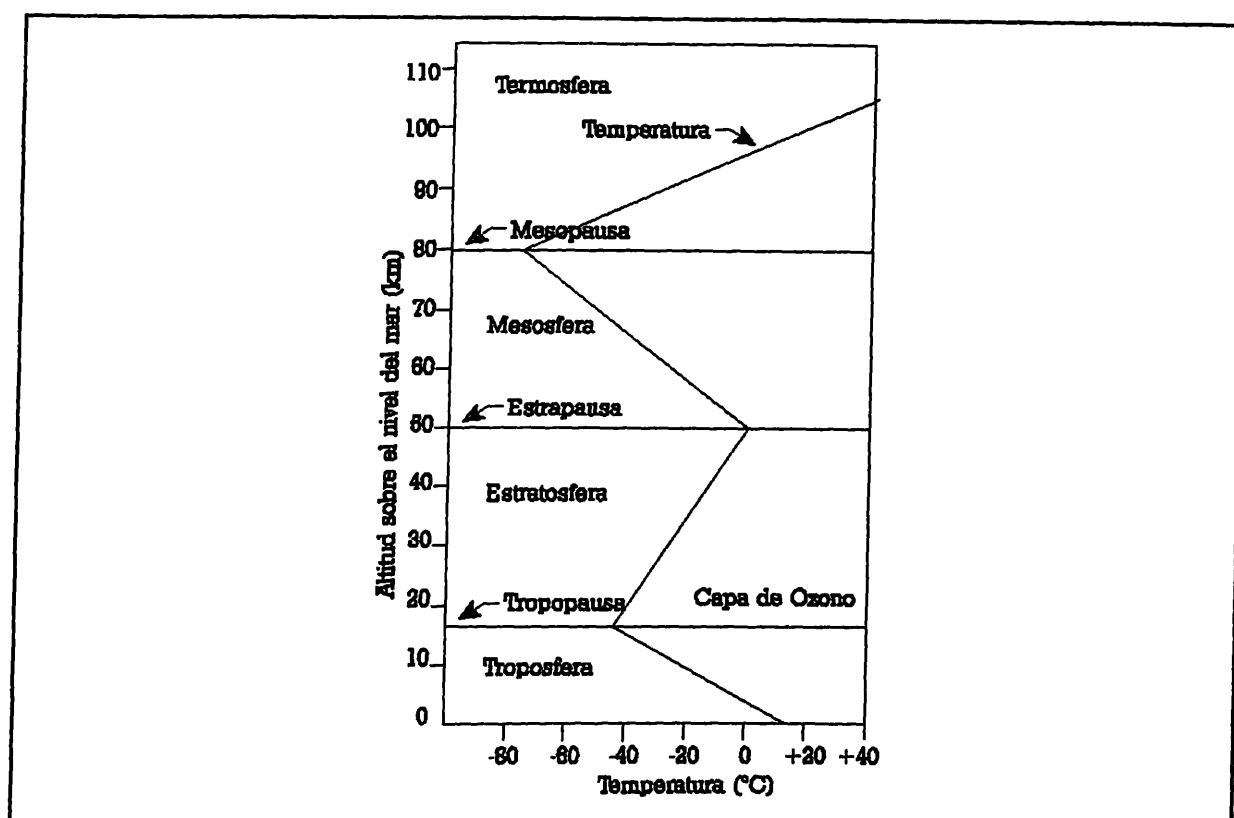


Figura 7.1 Capas atmosféricas y su temperatura.

de más de 2,000°C (Anthes 1992; Cutter et al. 1991; Levin 1985).

PATRONES DE CIRCULACION

El aire se calienta más en las regiones próximas al ecuador que en las zonas polares, debido a que reciben más radiación solar, esto provoca un movimiento de convección, las masas de aire caliente suben porque tiene mas baja densidad (masa por unidad de volumen) que el aire frío y se mueven hacia los polos llevando calor hacia ellos, de donde desciende convertido en aire frío. El aire frío fluye cerca de la tierra hacia el ecuador para llenar el vacío que dejan al ascender las masas de aire caliente, este ciclo se llama **patrón general de circulación o circulación global**. Sin embargo, este ciclo no siempre sigue un movimiento regular ya que existen otros factores que perturban el flujo global, tales como la rotación de la tierra sobre su eje o las diferencias de nivel entre valles y montañas que dan origen

a circulaciones pequeñas o regionales (Anthes 1992; Cutter et al. 1991; Griffiths 1976; Levin 1985) (Fig. 7.2).

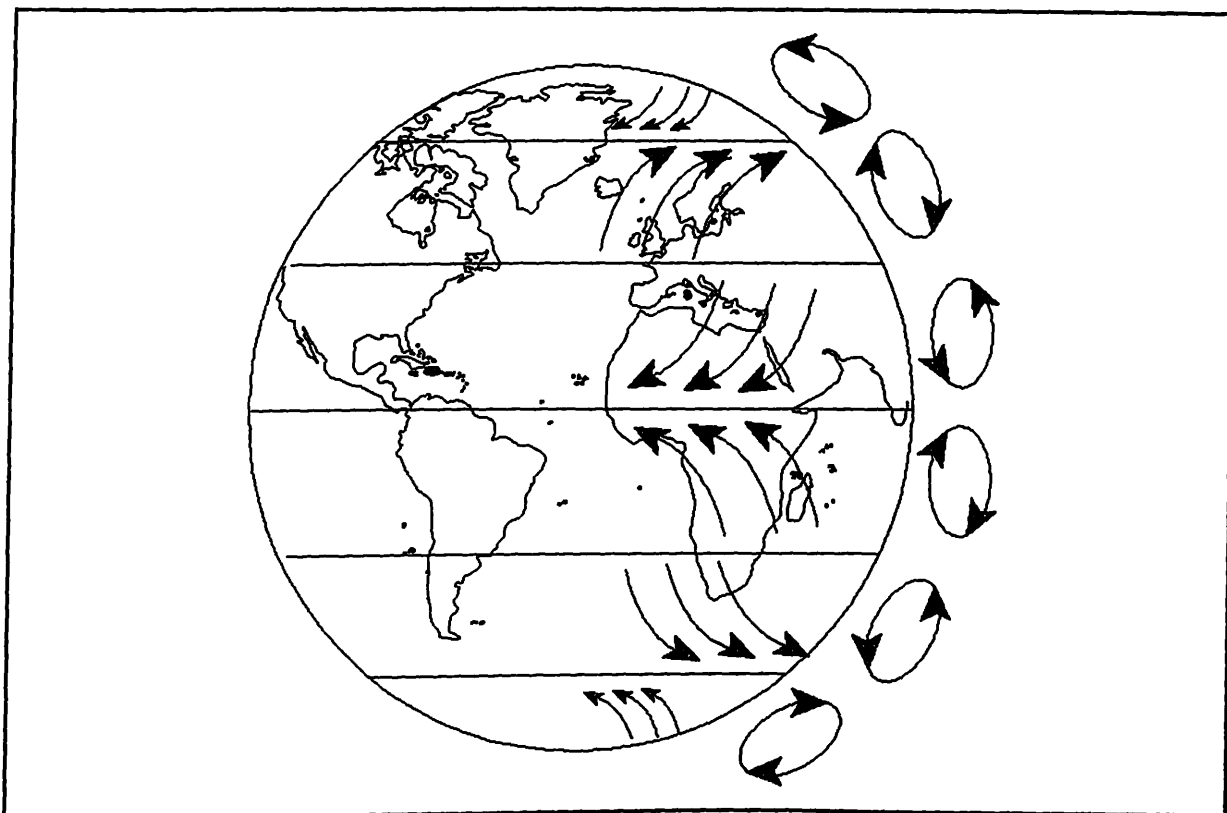


Figura 7.2 Circulación general del aire y dirección del viento cerca de la superficie terrestre (modificado de Miller 1997).

La circulación general de las masas de aire en la tropósfera determina en gran medida el patrón de estado de tiempo y climas de la tierra al alterar los patrones de temperatura y precipitación, considerados éstos como factores climáticos (Anthes 1992; Miller 1994; 1997). Esto permite tener en promedio una temperatura caliente en el ecuador, fría en los polos y moderada en latitudes medias. Las pequeñas circulaciones, donde se incluye también el movimiento vertical en la atmósfera, son responsables de las variaciones temporales de las condiciones atmosféricas a nivel regional (Ahrens 1991; Chiras 1991; Henderson-Sellers y Robinson 1986; Trearwartha 1968). Un caso específico de circulación de masas de aire con efecto de macroclima es el fenómeno conocido como el niño, sin embargo, además de la atmósfera involucra circulación de masas de agua en los océanos por lo que se le considera aquí como un fenómeno dual que se tratará en el capítulo de agua.

causada por diferentes procesos como hundimiento, radiación y advección. La **inversión por hundimiento** se desarrolla cuando una masa de aire de alta presión obstruye y obliga a una capa de aire fría a permanecer sobre una región, mientras que las capas superiores son más calientes (Chiras 1991; Nebel y Wright 1996). La **inversión por radiación** comienza a formarse cuando por las noches el calor irradiado del suelo hacia la atmósfera es obstruido formándose una capa de aire caliente, y el aire cerca del suelo se enfría más que el aire superior (Miller 1997; Owen y Chiras 1995). La **inversión por advección** se presenta principalmente en las costas cuando los vientos locales en forma de brisa soplan desde el mar, sin embargo, antes de llegar a tierra pasan por una corriente fría del océano y las capas de aire inferiores se enfrían por contacto con el agua, este enfriamiento es mayor que el de las capas superiores (Cutter et al. 1991). Estas condiciones de inversión térmica intensifican los problemas de la contaminación del aire.

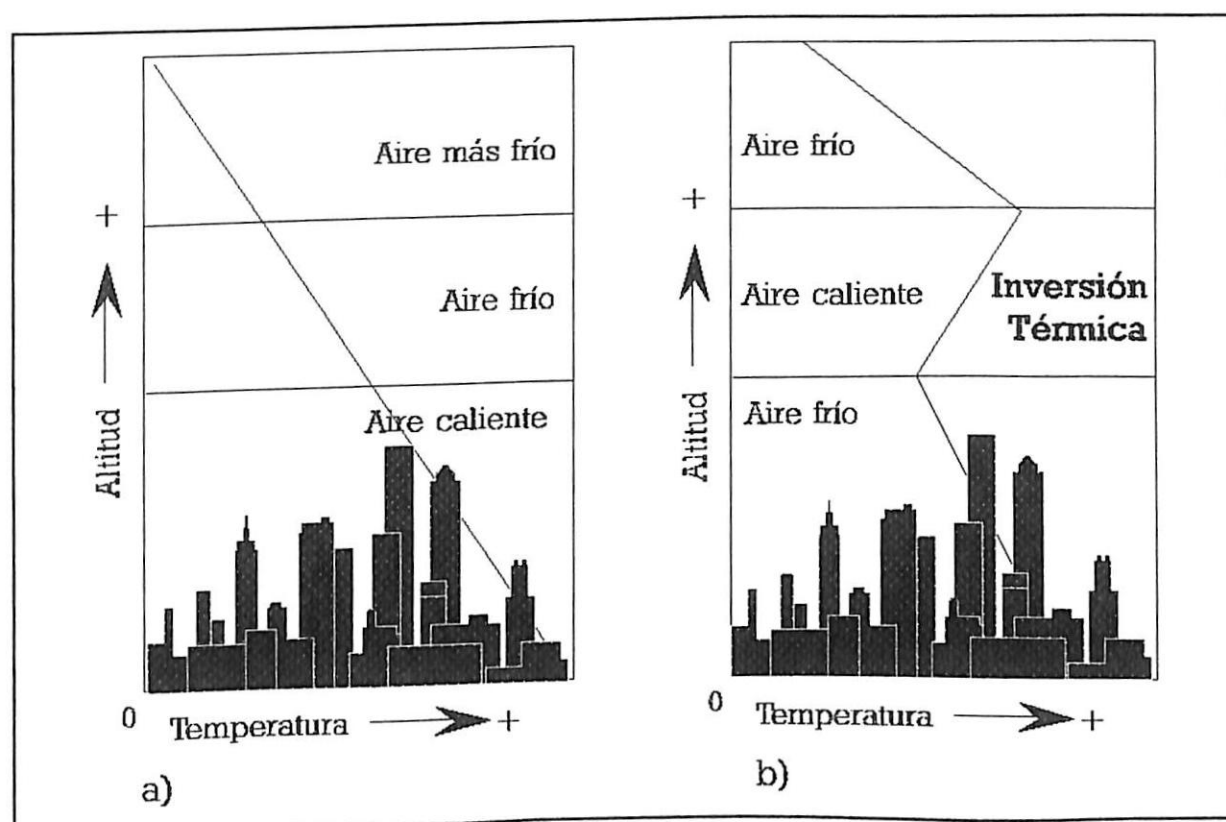


Figura 7.4 a) Patrón normal de temperatura en la tropósfera y b) Inversión térmica.

USO Y DETERIORO

Además de la fuente vital de oxígeno indispensable para la respiración aeróbica, la atmósfera tiene gran valor, contribuyendo al aislamiento y distribución de calor, evitando cambios drásticos de temperatura entre el día y la noche y permitiendo las vibraciones sonoras. Además sirve como escudo, pues sin la atmósfera el planeta sería bombardeado con meteoritos y se estaría expuesto a radiaciones potencialmente letales del sol (Chiras, 1991).

Como producto de la contaminación el aire puro se torna escaso y por lo tanto tiene que considerarse como un recurso que requiere conservarse, por lo que este aspecto se considera por separado.

CONTAMINACION.

La contaminación del aire o contaminación atmosférica engloba todas las alteraciones del aire, ya sean de naturaleza física (partículas en suspensión), química (sustancias tóxicas) o de otra clase (aumento de temperatura, ruido, etc.) y puede ser natural o antropogénica. Las fuentes naturales de contaminación del aire incluye los incendios forestales, la erosión del suelo por el viento, erupciones volcánicas, radioactividad natural, etc. La mayoría de las emisiones naturales raramente alcanzan altas concentraciones que puedan causar daños serios, excepto las erupciones volcánicas y la formación de gas radioactivo radon-222

(Miller 1994; 1997; Turk et al. 1972; Odum 1972). Las fuentes antropogénicas son esencialmente los residuos de la quema de combustibles fósiles tales como el escape de los automóviles y las chimeneas de las fábricas (Miller 1997).

Entre los contaminantes se distinguen los llamados **primarios** que se combinan y reaccionan con el medio para producir otros contaminantes **secundarios**, a lo que también se le conoce como **sinergismo**, pudiendo ser éstos más dañinos que los que lo originaron. Por ejemplo, el óxido de nitrógeno

reacciona con los hidrocarburos no quemados (producidos por el automóvil) se combinan en presencia de luz solar para producir sustancias todavía más tóxicas, conocidas como **smog fotoquímico** (Nitrato de Peroxiacetilo (NPA) y Ozono (O_3)). Estas dos sustancias secundarias no sólo causan lagrimeo y dificultad respiratoria en el humano, sino que además son sumamente venenosas para las plantas; en efecto, el ozono aumenta la respiración de las hojas mientras que el NPA obstruye el proceso fotosintético, con lo que mata a la planta al impedir la producción de alimento (Chiras 1990; Cutter *et al*, 1991; Odum 1972).

Existen cientos de contaminantes del aire, sin embargo las siguientes clases son las principales: **óxidos de carbono** (CO_x), **óxidos de sulfuro** (SO_x), **óxidos de nitrógeno** (NO_x), **compuestos orgánicos volátiles** como metano, benceno y cloroflourocarbonos (CFCs), **partículas suspendidas de materia** como polvo, tizne y asbestos, **oxidantes fotoquímicos** como ozono, benceno y nitratos de peroxiacetilo, **substancias radioactivas** como radón-222, iodina-131, plutonio-239 y otros radioisótopos que entran a la atmósfera como gases (Bryner 1993; Miller 1994; 1997; Strauss y Mainwaring 1990).

Tradicionalmente la contaminación del aire ha sido local, específicamente en las ciudades del mundo industrial, pero en las últimas décadas sus consecuencias han trascendido las fronteras de los países como sucede con la lluvia ácida. Por otro lado, los patrones de circulación interactúan con la contaminación y como consecuencia alteran los patrones climáticos globales tal y como sucede con el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono (Chiras 1991; Miller 1997).

La contaminación reduce la calidad del aire y en casos extremos lo vuelve inaccesible para el humano y otros organismos por lo que éste se puede convertir en un recurso escaso cuyo valor aumentará en la medida en la que aumente la contaminación. En este contexto tiene que considerarse, además, la interacción de los procesos naturales como la circulación global, con la contaminación como proceso antropogénico determinante de patrones macroclimáticos tales como el niño que como se indicó anteriormente se tratará en

el capítulo de agua.

Gases de invernadero.

En condiciones naturales en la tropósfera se presentan gases como vapor de agua (1-5%), CO_2 (0.036%), y otros como el ozono, el metano y los óxidos nitrosos en cantidades trazas, los cuales se denominan **gases de invernadero**. Lo anterior se debe a que permiten el paso de la luz y la radiación infrarroja y ultravioleta pero evitan la salida de la radiación infrarroja o calorífica de mayor longitud de onda y su consecuente disipación en el espacio exterior (Chiras 1991; Cutter et al. 1991; Miller 1997) (Fig. 7.5)

A lo anterior se llama **efecto de invernadero** y se caracteriza por ser indispensable para el sostenimiento de la vida sobre el planeta ya que lo mantiene suficientemente caliente para que los organismos sobrevivan. En su ausencia (especialmente el vapor de agua) la tierra tendría una temperatura promedio de -18°C (Miller 1997).

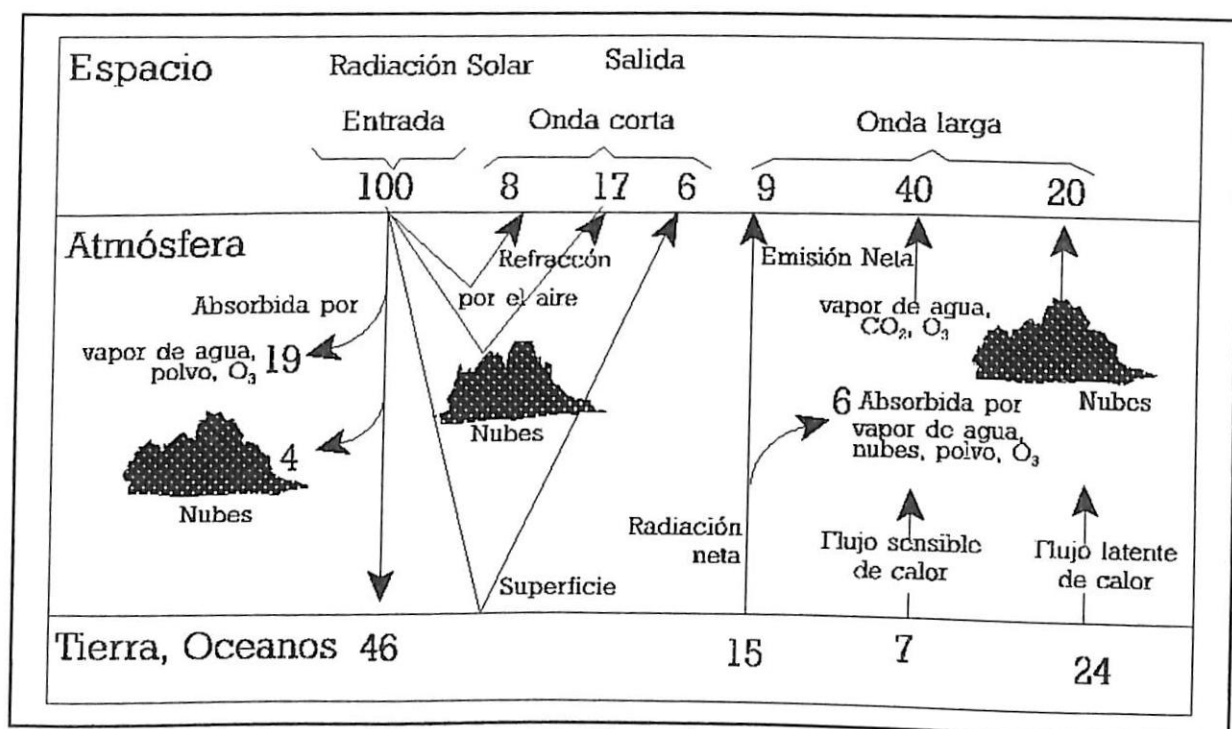


Figura 7.5 Las altas concentraciones de CO_2 y otros gases reducen la emisión neta de la radiación hacia el espacio exterior (Tomado de Krebs 1994).

Cuando la mezcla de gases de la atmósfera se ve alterada

por cambios significativos en las proporciones de los mismos o por la adición de contaminantes como los CFCs, el flujo de energía solar también se ve afectada y en consecuencia se presentan modificaciones en el clima, específicamente en la temperatura ya que el calor reflejado se queda atrapado en la atmósfera (Castellanos 1984; Chiras 1991). Lo pertinente a la capa de ozono en la estratósfera y su alteración por CFCs se tratará por separado en lo pertinente a la capa de ozono.

Los dos gases predominantes en la atmósfera son el vapor de agua controlado por el ciclo hidrológico y poco afectado por la actividad humana y el CO_2 , controlado por el ciclo del carbono, pero que a diferencia del primero, ha sido severamente afectado por la actividad antropogénica (Miller 1997). El contenido de CO_2 en la atmósfera ha cambiado a lo largo de la historia de la tierra con dos puntos de importancia, la acumulación y fosilización de carbono a partir de bosques durante la Era Carbonífera y su utilización como combustibles por el humano a partir del comienzo del siglo XIX (Cutter et al. 1991) (Fig. 7.6).

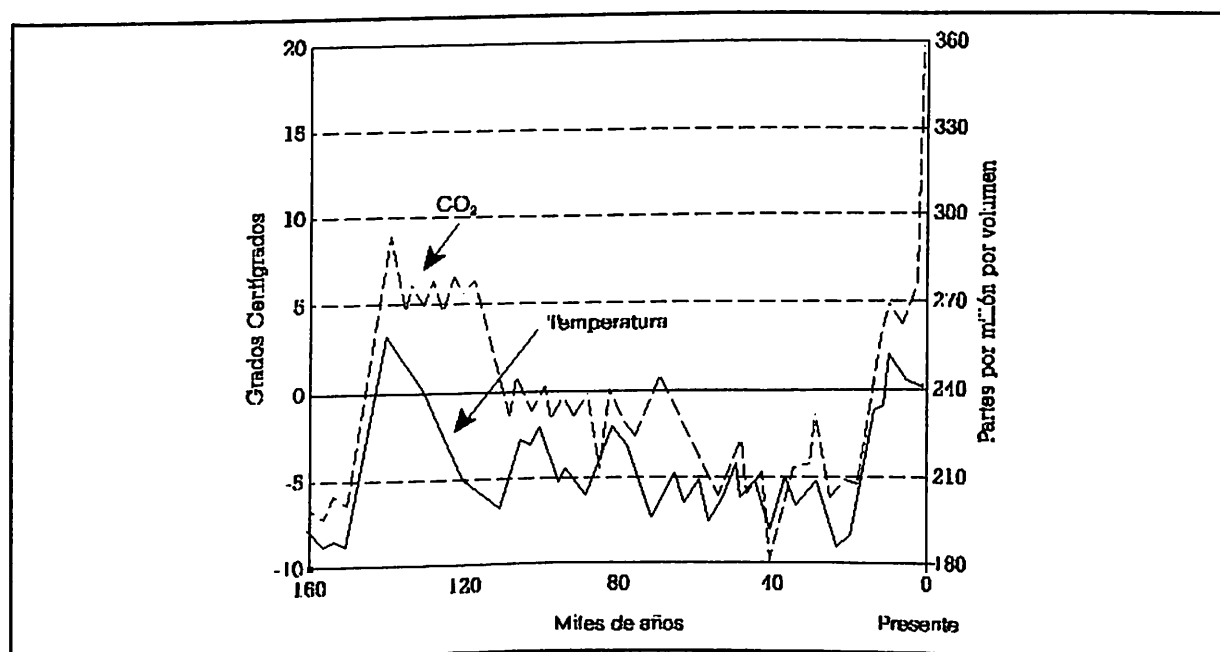


Figura 7.6 Estimación de la concentración del CO_2 en la atmósfera durante los últimos 160,000 años y la variación de la temperatura en la Antártida (Flavin y Tunali 1996; Miller 1997).

El incremento exponencial en el uso de combustibles fósiles ha traído como consecuencia un constante incremento

en la concentración de CO_2 en la atmósfera a partir de 1750 y especialmente a partir de 1960 y ésta a su vez han mostrado una fuerte correlación con las variaciones en la temperatura, lo cual se ha proyectado, además, a dos escenarios de concentración, uno alto y otro bajo (Fig. 7.7) (Bright 1997; Chiras 1991; Flavin 1989; Miller 1997), resultando en un fenómeno antropogénico que se denomina calentamiento global.

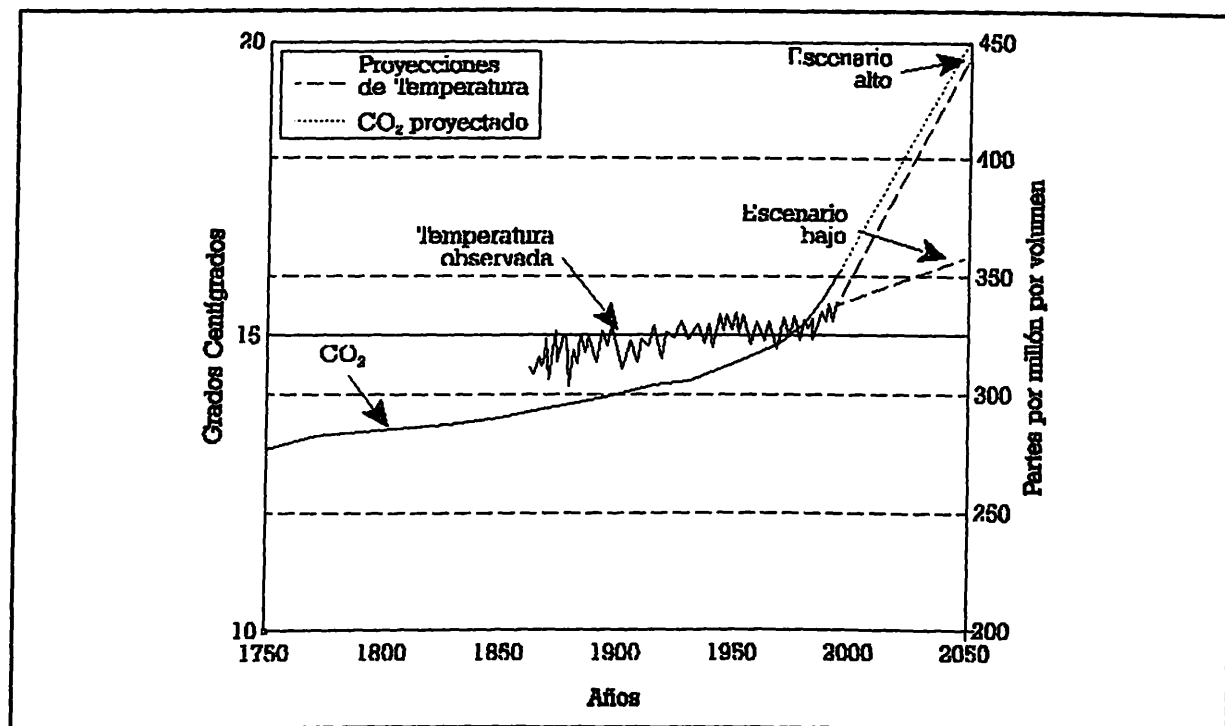


Figura 7.7 Concentración de CO_2 en la atmósfera y el promedio global de temperatura con sus proyecciones (Chiras 1991; Flavin 1989 y Flavin y Tunali 1996)

Los bosques y los océanos son los recipientes naturales del CO_2 , pero son incapaces de absorber las cantidades que actualmente se emiten. Por otro lado no todos los combustibles contribuyen igualmente al aumento de concentración ya que el petróleo y el carbón emiten 1.5 y 2 veces más CO_2 que el gas natural (Cutter et al. 1991; Miller 1997) a lo cual debe agregarse el CO_2 emitido por deforestación y degradación del suelo tales que mas carbono es emitido por la biota en mayor de lo que es absorbido por ella (Woodwell 1978; Woodwell et al. 1978).

Como resultado del calentamiento global, el ascenso de un grado centígrado supone cambios climáticos imprevisibles ya que a lo largo de los últimos 200 años las fluctuaciones

no habían excedido de 0.2°C . Aún esos pequeños cambios, sin embargo, han traído como consecuencia grandes emigraciones humanas en respuesta a cambios en condiciones agrícolas y de pastorío (Miller 1997), por lo que mayores incrementos en la temperatura producirían el deshielo de las zonas polares con lo que ascendería el nivel del mar inundando las zonas costeras. Además declinaría la precipitación en algunas áreas, permitiendo la expansión de los desiertos y el fracaso de los cultivos y en otras áreas sería abundante, causando inundación y erosión. Los cambios en los hábitats podrían permitir la extinción en masa de plantas y animales que no pueden emigrar a otros climas compatibles (Bright 1997; Chiras 1991; Flavin 1989; Miller 1997).

Capa de ozono

En la estratósfera, entre 20 y 50 km. sobre la superficie terrestre (ver Fig 7.1), existe una capa de ozono (O_3) (ozonósfera) constituido por el único gas que absorbe las radiaciones ultravioleta provenientes del sol, impidiendo que lleguen a la tierra. Esta capa desempeña un papel esencial para los seres vivos del planeta pues las radiaciones ultravioleta son capaces de destruir células animales y vegetales, provoca enfermedades cutaneas, cataratas en los ojos, alteración de los genes, además afecta sensiblemente el plancton vegetal, del cual dependen las especies marinas (Chiras 1991; French 1997; Shea 1988). En general se les considera mutagénicas y cancerígenas por lo que la vida en la tierra depende de la acción filtrante de esta capa (Chiras 1991).

Desde los años sesentas los científicos encontraron evidencias de la destrucción de la capa de ozono (Bryner 1993), sin embargo, fue hasta 1974 cuando los científicos Mario Molina y Sherwood Rowland descubrieron que la descarga de los clorofluorocarbonos en la atmósfera eran los agentes que estaban destruyendo la capa de ozono, sin embargo, la comunidad científica internacional se mantuvo escéptica hasta 1986 (Chiras 1991; French 1997; Miller 1994; 1997; Shea 1988).

Los CFCs son una clase de sustancias químicas inertes descubiertas en 1930, originalmente fueron desarrollados para el uso en la refrigeración, pero tienen una variedad de aplicaciones industriales y comerciales. Por ejemplo, son usados como refrigerantes, propulsores de aerosoles, aislantes, solventes y en la fabricación de recipientes desechables. Su gran utilidad se debe a sus propiedades químicas ya que son altamente estables, no son tóxicos, no son reactivos, no son flamables y se licúan fácilmente. Irónicamente son sumamente peligrosos para la capa de ozono, siendo el Polo Sur el área más afectada del planeta (Cutter et al. 1991; INEGI 1995; Miller 1994; 1997; Shea 1988).

Cuando los rayos ultravioleta inciden sobre la capa de ozono producen la partición de la molécula de O_3 , pero esos componentes se reúnen de nuevo de manera natural, desprendiendo calor, sin embargo, este proceso natural se interrumpe por la adición de CFCs, principalmente el Freón 11 y 12, debido a que también se parten sus moléculas con los rayos ultravioletas y cada radical libre de cloro puede reaccionar hasta con unas 100,000 moléculas de O_3 (Fig 7.8) (Chiras 1991; Nemecek 1997). A ese problema debe agregarse la acumulación de millones de toneladas de CFCs liberados en la atmósfera que permanecen en ella por varias décadas (algunos duran hasta 100 años). Esa producción de CFCs alcanzó sus picos máximos en 1974, 1975 y 1988 (Fig. 7.9), en contraste, la producción global en 1995 fue 76% menos que en 1988 (French 1997), esto como resultado de la firma de 36 países del Protocolo de Montreal en septiembre 1987 para reducir el uso de sustancias que agotan la capa de ozono (French 1992), sin embargo, si la descarga de CFCs se detuviera hoy la destrucción del ozono podría continuar durante un siglo (Bryner 1993; Flavin y Tunali 1996).

Indices de contaminación.

Los índices de contaminación son estudios que correlacionan la concentración de contaminantes en el aire y los efectos sobre la salud humana (Owen y Chiras 1995; Nebel y Wright 1996; Riveros 1990). En Estados Unidos se desarrolló el Índice Estandar de Contaminantes (PSI por sus siglas en

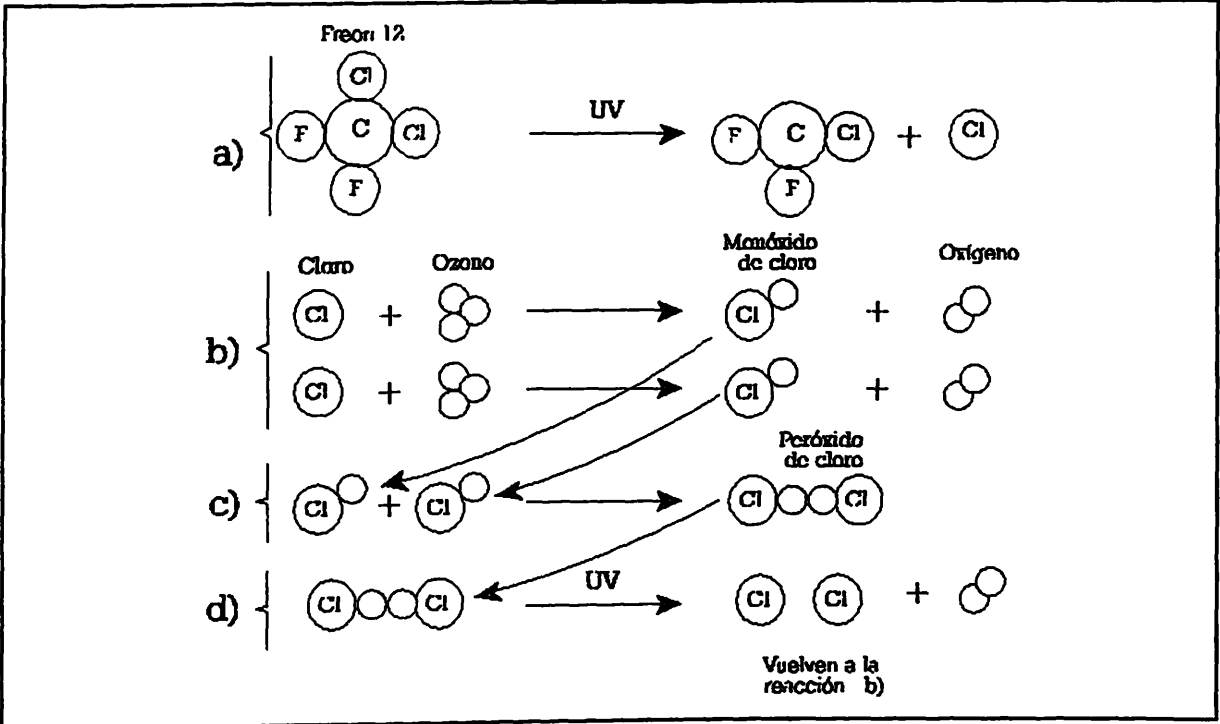


Figura 7.8 Reacción de una molécula de Freón 12 con ozono.

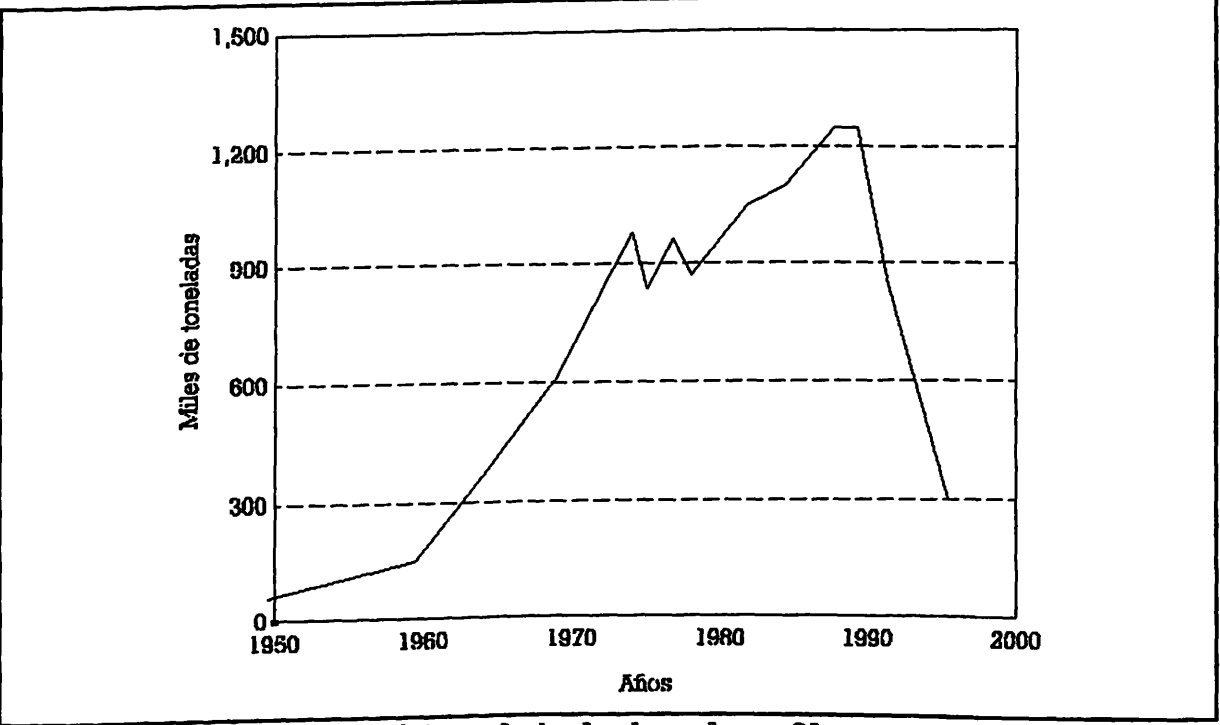


Figura 7.9 Producción global de clorofluorocarbonos, 1950-1995 (French 1997).

inglés) y utiliza una escala del 0-500, cualquier valor por debajo del 100 significa que el aire esta relativamente limpio con mínimos efectos en la salud, mientras que un valor arriba de 400 es muy peligroso y bajo estas condiciones se

les avisa a todas las personas que permanezcan en sus casas. En otras palabras, a medida que aumenta el índice existe más contaminación y los efectos en la salud son más severos (Fig. 7.10) (Bryner 1993; Miller 1994; Owen y Chiras 1995).

También se han desarrollado en Estados Unidos los estándares de la calidad del aire del ambiente nacional (NAAQS por sus siglas en inglés) para siete contaminantes: partículas suspendidas, óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ozono hidrocarburos y plomo. Cada estándar esta basado en los niveles que puede tolerar el humano, promediado sobre un periodo de tiempo específico sin que le causen problemas de salud (Owen y Chiras 1995; Miller 1994; 1997; Nebel y Wright 1996).

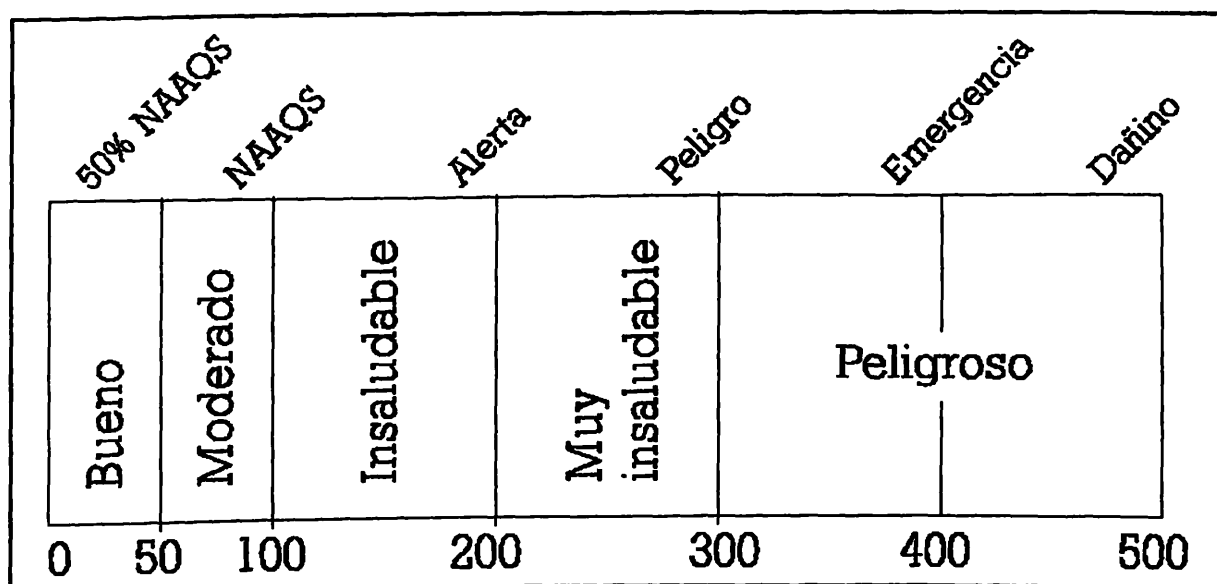


Figura 7.10 Índice estándar de contaminación (PSI).

En México se utiliza el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), el cual es una adaptación del PSI con algunos cambios pequeños en los valores utilizados (Cuadro 7.2). En la Ciudad de México, quien se encarga de medir este índice es la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), el cual elabora un informe diario promediando los datos de las 18 horas del día anterior hasta las 18 horas del día correspondiente y se comunica a la población los valores de todos los contaminantes medidos (Riveros 1990).

Cuadro 7.2 Escala de medición del IMECA

INDICE	DESCRIPCION
0- 50	Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas.
51-100	Situación favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas
101-200	Molestias e intolerancia en personas sensibles
201-300	Aparición de ligeras molestias en la población en general
301-500	Aparición de diversos síntomas e intolerancia al ejercicio en la población sana
500 +	Peligro potencial para toda la población

CONSERVACION

La conservación del aire se concentra en disminuir o remover contaminantes y evitar las emisiones de contaminantes, principalmente aquellos producidos por el uso de combustibles fósiles y en consecuencia se concentra en áreas urbanas e industriales. En relación con la contaminación industrial se pueden aplicar diversos dispositivos tales como filtros, ciclones, precipitadores electrostáticos y el depurador de gases. En cuanto a la reducción de la contaminación originada por motores de combustión interna tales como los automóviles, las estrategias son numerosas y empiezan con la reducción del consumo de energía con la consecuente reducción de contaminantes. En las zonas urbanas esto se puede lograr mediante sistemas públicos de transportación eficientes. Otra alternativa es el incremento en el uso de combustibles limpios tales como el gas natural en lugar de los derivados del petróleo o el uso de máquinas con diseños mas eficientes en combinación con el uso de convertidores catalíticos para reducir, además, las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, convirtiéndolos en agua y dióxido de carbono (Chiras 1991).

LEGISLACION

En los Estados Unidos se aplica el Acta Federal de Aire Limpio. En esta acta las enmiendas de 1970 regulan los estándares de emisiones de automóviles e industriales así como los del aire de áreas urbanas, con fundamento en la protección de la salud. Por otro lado las enmiendas de 1977 regulan el crecimiento industrial y incluye reglas para la prevención del deterioro significativo de áreas con aire limpio (Chiras 1991).

Los lineamientos generales en relación con el aire son para prevenir y controlar la contaminación, estos lineamientos se encuentran en la LGEEPA (1994) y se basa en el principio de que la calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país, en consecuencia, las emisiones de contaminantes a la atmósfera deben ser reducidos y controlados para asegurar una calidad satisfactoria para el bienestar de la población humana y el equilibrio ecológico. A partir de esta ley y con fundamento en el reglamento de Emisión de Humos y Polvos de 1971, se genera el reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

EDUCACION

Debido a que la mayor parte de la contaminación del aire ocurre en zonas urbanas e industriales (Miller 1997), los programas de educación pertinentes a la conservación deberán enfocarse a los ciudadanos como consumidores. Además de la energía, en relación a la cual debe educarse para una reducción en el uso, debe alertarse a los ciudadanos como consumidores de bienes y servicios que contaminan directamente o indirectamente a través de su fabricación, debiéndose fomentar la conciencia de consumo de aquellos que no contaminen o lo hagan en menor grado.

LITERATURA CITADA

- Ahrens, C.D. 1991. *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and environment*. 4 ed. West Publishing Company. St. Paul, MN.
- Anthes, R.A. 1992. *Meteorology*. 6 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- Bryner, G.C. 1993. *Blue skies, green politics: The Clean Air Act of 1990*. Congressional Quarterly Inc. Washington, D.C.
- Cutter, S.L., H.L. Renwick, W.H. Renwick. 1991. *Exploitation, conservation, preservation: a geographic perspective on natural resource use*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Chiras, D.D. 1991. *Environmental Science: action for a sustainable future*. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, Ca.
- Flavin, C. 1989. *Slowing global warming: a worldwide strategy*. Worldwatch Paper 91. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Flavin C. and O. Tunali. 1996. *Climate of hope: New strategies for stabilizing the world's atmosphere*. Worldwatch Paper 130. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- French, H.F. 1990. *Clearing the air: a global agenda*. Worldwatch Paper 94. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- French, H.F. 1992. *After the Earth summit: the future of environmental governance*. Worldwatch Paper 107. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- French, H.F. 1997. *Learning from the ozone experience*. In: L.R. Brown, et al. *State of World 1997*. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 151-171.
- Griffiths, J.F. 1976. *Climate and the environment: the atmospheric impact on man*. Elek Books Ltd. London.
- Henderson S.,A. and P.J. Robinson. 1986. *Contemporary climatology*. Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Levin, H.L. 1985. *Essentials of earth science*. Saunders College Publishing. Philadelphia, PA.
- Miller, G.T. Jr. 1994. *Living in environment: principles,*

- connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental science: working with the earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1996. Environmental Science: the way the world works. 5 ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Nemecek, S. 1997. Mario Molina: rescuing the ozone layer. Sci. Amer. 277(5):40-43.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. 3 ed. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México.
- Owen, O.S. 1985. Natural resource conservation: an ecological approach. 4 ed. Macmillan Publishing, Inc.
- Owen, O.S. and D.D. Chiras. 1995. Natural Resource Conservation: management for a sustainable future. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Postel, S. 1984. Air pollution, acid rain, and the future of forests. Worldwatch Paper 58. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- RAE-Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. 20 ed. Tomo I y II. Editorial Espasa-Calpe, S.A.. Madrid, España.
- Riveros, R., H. 1990. La contaminación atmosférica en la ciudad de México. Ciencia y Desarrollo XVI(94):73-79.
- Shea, C.P. 1988. Protecting life on Earth: steps to save the ozone layer. Worldwatch Paper 87. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Strauss, W. y S.J. Mainwaring. 1990. Contaminación del aire: causas, efectos, soluciones. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México.
- Trewartha, G.T. 1968. An introduction to climate. 4 ed. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Turk, A., J. Turk and J.T. Wittes. 1972. Ecology, pollution, environment. W.B. Saunders Company. Philadelphia. Pa.
- Woodwell, G.M. 1978. The carbon dioxide question. Sci. Amer. 238:34-43.
- Woodwell, G.M., et al. 1978. The biota and world carbon budget. Science 199:141-146.

8. AGUA

El agua es uno de los recursos mas abundantes en la naturaleza. Al mismo tiempo es un factor indispensables para el humano y para sus actividades (Bassols 1974; Miller 1997; Walton 1970) y para la vida en general. Este recurso algunas veces es escaso pero otras veces es abundante porque se distribuye desigualmente en tiempo y espacio. Por ser un factor vital, tanto la escasez como el exceso de agua representa problemas para el humano ya que cuando escacéa disminuye la disponibilidad para su uso y cuando es excesiva produce fenómenos como las inundaciones y la salinización de suelos agrícolas (Cutter et al. 1991; Dasmann 1976; Nebel y Wright 1993; Owen 1985; Rawlins 1981).

Desde una perspectiva general se estima que existen 1500 millones de kilómetros cúbicos de agua por lo que es un recurso abundante que cubre cerca del 71% de la superficie terrestre, pero esta agua es salada (97% del volumen global) o está inmovilizada en los casquetes polares (2% del volumen global) y en consecuencia no puede usarse para beber, irrigar o en la industria. En números absolutos y considerando los requerimientos del humano, aún el agua dulce (agua con un contenido de sales menor al 0.01%) es abundante ya que la precipitación que cae anualmente sobre los continentes es suficiente para cubrir esa superficie con una capa de agua de 83 centímetros. Con esa cantidad de agua se satisfacerían las necesidades de una población varias veces mayor que la actual, asumiendo que 800-1000 metros cúbicos por persona por año cubre las demandas de agua de una persona y que la cantidad de agua renovada anualmente en el ciclo hidrológico por persona equivale a 8300 metros cúbicos. Como ya se señaló, el problema radica en que el agua se distribuye irregularmente (Cutter et al. 1991; Miller 1997; Penman 1970; Postel 1984; Widstrand 1980).

Los humanos y los ecosistemas terrestres dependen del agua dulce para su funcionamiento pero la mayor parte del agua dulce se encuentra en los polos en forma de hielo o como agua subterránea (Fig. 8.1a), y sólo el 0.003% del volumen global se encuentra en formas aprovechables, como son lagos, corrientes superficiales, agua subterránea aprovechable o vapor de agua. Para tener una idea mas clara de todo lo anterior, basta comparar toda el agua de la tierra con un recipiente de 100 litros, de los cuales sólo una cucharada estaría disponible para consumo (Fig. 8.1b) (Miller 1994; 1997; Parfit 1993; Penman 1970; Pereira 1973; FAO 1993).

El agua que existe en la actualidad es la misma cantidad que ha existido durante muchos millones de años y por lo tanto es un recurso finito, sin embargo se considera como un recurso renovable en virtud de que se recicla y en consecuencia se renueva constantemente. El problema no lo constituye la cantidad, sino la disponibilidad del agua dulce por persona a nivel global y los serios desbalances a nivel regional (CCC 1994; Frederick 1990; Postel 1984; 1993; 1996a). Tres de cada cinco personas en los países subdesarrollados carecen de agua potable (Chiras 1991).

Se sabe que no se produce nueva agua y que la cantidad de agua que existe en la actualidad es el total de lo que existirá en el futuro por lo que a medida que crece la población los niveles de la misma que se pueden sostener confortablemente se reducen. De 1970 a la fecha, por ejemplo, la disponibilidad de agua se ha reducido en una tercera parte debido a que la población ha crecido en 1.8 billones (Postel 1993) y se estima que en los próximos 30 años aumente en 2.6 billones teniendo como consecuencia un consumo mayor. Por lo anterior los problemas se intensificarán y se tendrán que superar tres retos a saber: 1) asegurar disponibilidad suficiente para la producción de alimentos, 2) evitar la declinación de los ecosistemas acuáticos, y 3) impedir conflictos políticos y sociales debido a la competencia por agua (Postel 1996a; 1996b).

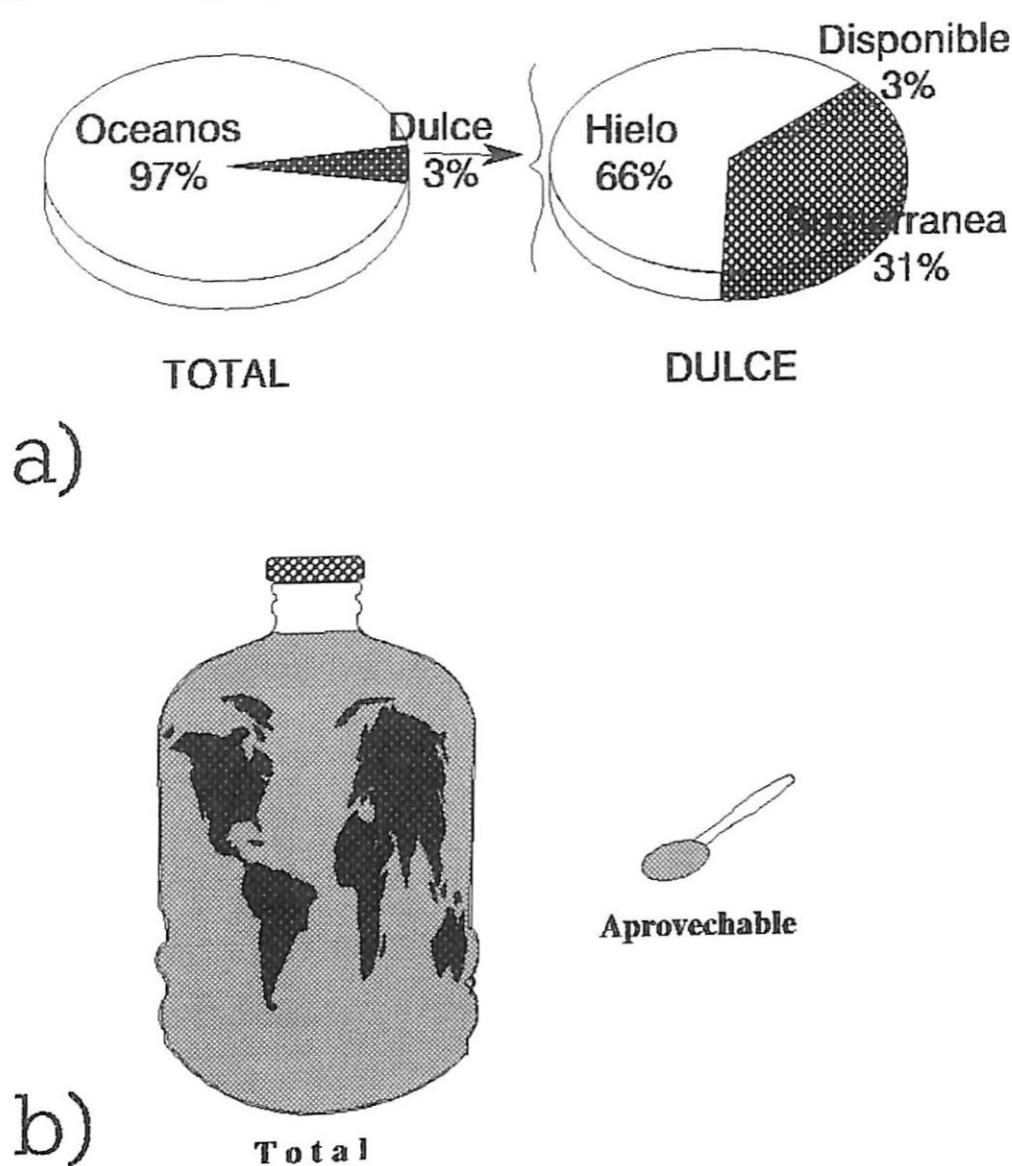


Figura 8.1 Distribución mundial del agua: a) Comparación del agua dulce de la total, b) contraste del agua dulce aprovechable con el agua total.

CICLO HIDROLÓGICO.

El ciclo hidrológico o ciclo del agua, básicamente consiste de una alternación en poco tiempo de evaporación, condensación y precipitación, el cual no tiene principio ni fin y por el cual el agua se purifica (Laporte 1975; Miller 1997; Nebel 1987; Owen y Chiras 1995; USDA 1955). La lluvia que **precipita** sobre un terreno se distribuye de varias formas: una parte **infiltra** y de ésta parte es retenida por el suelo y parte **percola** para formar los acuíferos subterráneos

en donde se acumula, otra se evapora directamente a la atmósfera y otra es absorbida por las plantas y finalmente transpirada. Aquella parte del agua precipitada que no se infiltra en el suelo escurre sobre la superficie del suelo hasta llegar a arroyos y ríos y junto con parte del agua subterránea desemboca y se acumula en lagos y océanos, donde es evaporada a la atmósfera, condensando y precipitando para completar el ciclo hidrológico (Fig. 8.2) (Branson *et al.* 1981; Chiras 1991; Miller 1994; 1997; Nebel y Wright 1996; Pereira 1973; Walton 1970).

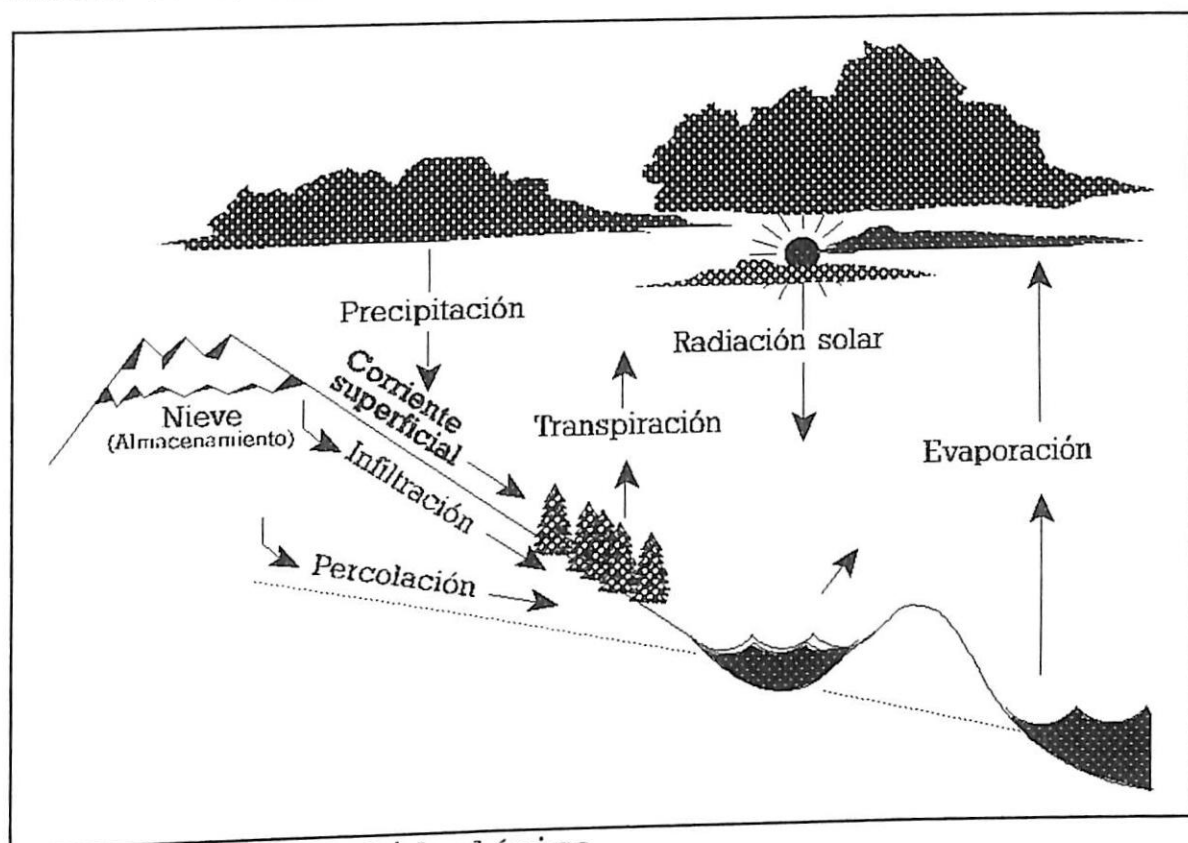


Figura 8.2 Ciclo hidrológico.

De las fases del ciclo hidrológico la infiltración es la de mayor importancia ya que determina el caudal que tomará el agua precipitada. Si la cantidad de agua infiltrada es suficiente percolará y contribuirá a la recarga de los mantos acuíferos, sin embargo, cuando la recarga es extremadamente pequeña o nula, se dice son acuíferos fósiles, los cuales se caracterizan por ser profundos y no renovables en la escala de tiempo humana, por lo que su uso equivale a minar el agua (Miller 1994). Cuando la precipitación excede a la capacidad de infiltración del suelo, entonces el agua escurrirá arras-

trando partículas del mismo con la consecuente erosión. Además de la consideración anterior la infiltración es importante ya que es la única fase que puede ser controlada por el humano, sobre todo a través de la alteración de la cubierta vegetal. A mayor cobertura, mayor infiltración con mayor recarga potencial de los acuíferos y menor escurrimiento con menor erosión potencial (Branson *et al.* 1981; Satterlund 1972; Pereira 1973).

En general el patrón de distribución del agua dentro del ciclo hidrológico puede describirse con la ecuación del balance del agua (Downes 1958; 1964) mediante la cual se establece que en promedio, en los continentes el agua precipita aproximadamente un 55% mas de lo que se evapora, haciendo factible usar ese excedente (Penman 1970; Postel 1984). Como se estipuló con anterioridad, sin embargo, el problema del agua radica en que ésta se distribuye irregularmente, precipitando mas en los trópicos que en otras partes del planeta (Fig. 8.3). En México, por ejemplo, en la zona norte se presenta un déficit de agua que implicará un cambio de -34% entre los años 1983 y 2000 como consecuencia del incremento poblacional (Postel 1984).

Pertinente a los mantos acuíferos, de los cuales se extrae gran cantidad de agua para consumo humano, tiene que

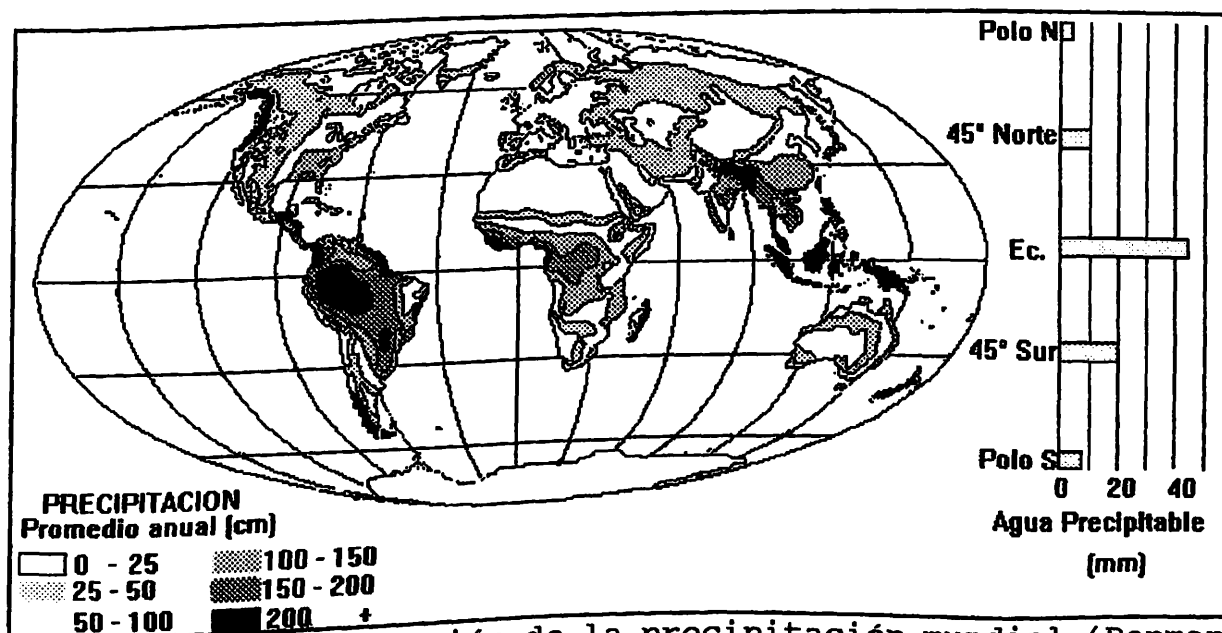


Figura 8.3 Distribución de la precipitación mundial (Penman 1970).

vez a mayor profundidad y a tasas de extracción que exceden las tasas de recarga natural, generando una **sobreexplotación** que crea un déficit de agua conocido como **cono de depresión**, por el cual se abate el nivel freático (Miller 1997; Walton 1970) (Fig. 8.4). En consecuencia, cualquier contaminante que caiga en el cono será succionado y contaminará todo el manto, tal y como ha sucedido con el hidroarsenicismo en la región lagunera (Enkerlin y Miers 1997). En el valle de México, la extracción excede la recarga natural desde un 50 hasta un 80%, lo que ha permitido el abatimiento del nivel freático, la compactación del acuífero, el hundimiento de la tierra y daño a las estructuras superficiales (Postel 1996a).

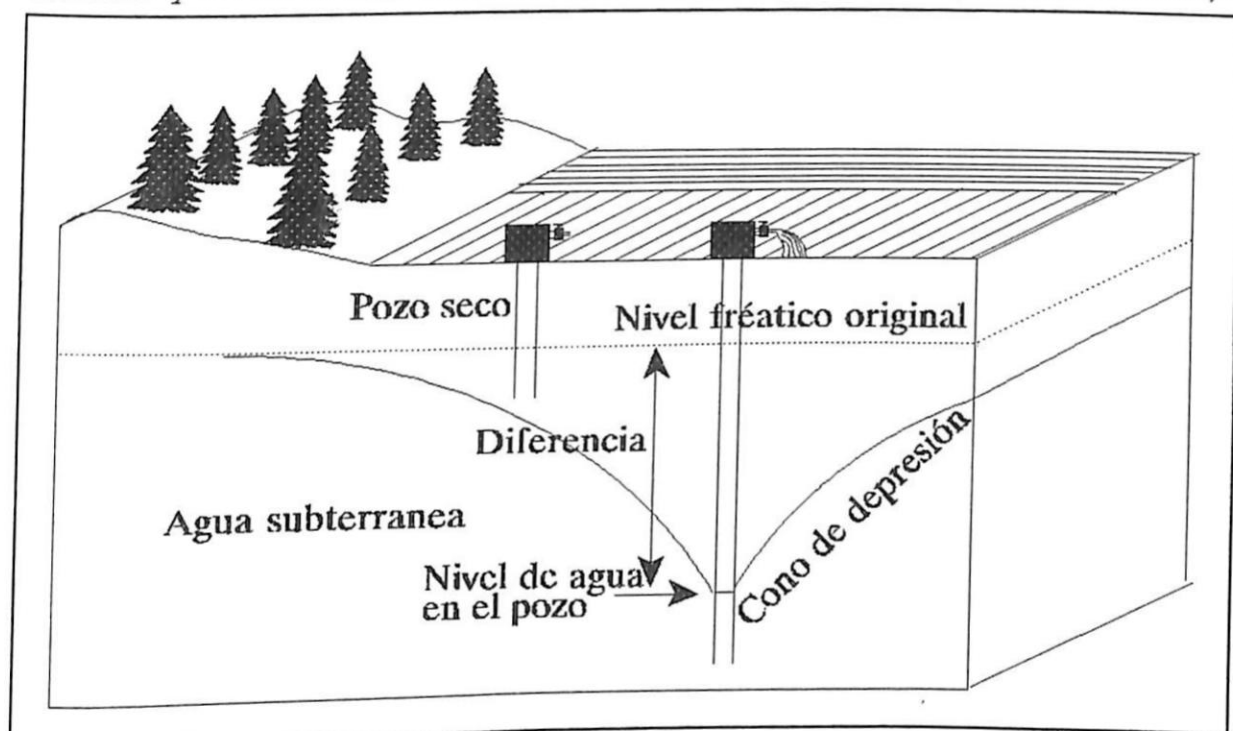


Figura 8.4 Cono de depresión

FUENTES DE AGUA.

Por fuentes de agua se entiende los medios por los cuales se provee disponibilidad de agua para uso por el humano. A pesar de depender directamente del ciclo hidrológico se le considera por separado debido a que están definidas por la aplicación de diversas técnicas y tecnologías tales como estrategias de conservación de suelo y agua o la construcción de estructuras para almacenaje tales como represas, presas y

acueductos, la perforación de pozos y la desalinización con el objeto de cubrir las necesidades agrícolas, urbanas e industriales (Cutter et al. 1991; Dasmann 1976; Owen y Chiras 1995).

Las fuentes de agua mas importantes son 1) el agua de la atmósfera (precipitación) disponible a través de técnicas de uso y conservación, 2) corrientes superficiales como arroyos y ríos (escurrimiento) y el agua superficial como los lagos (acumulación), también disponible mediante la construcción de represas y presas, 3) el agua del suelo acumulada en los mantos acuíferos disponible mediante perforación de pozos y 4) el agua de los océanos disponible al humano mediante procesos de desalinización (Nebel y Wright 1993; 1996; Owen y Chiras 1995).

Considerando la finitud del agua, su uso continuo y creciente debido al incesante crecimiento de la población ha traído como consecuencia la escasez cada día mayor de este recurso (Chiras 1991; Miller 1997; Nebel y Wright 1996). El deterioro del agua, por otro lado, puede deberse a la contaminación o al sobreuso a partir de sus diversas fuentes, reduciéndose en consecuencia su disponibilidad (Cutter et al. 1991; Miller 1997; Nebel y Wright 1996). Estos dos aspectos se tratarán por separado.

USO Y DETERIORO.

En general se clasifica el agua de acuerdo con su uso de la siguiente manera (Allen y Leonard 1966; Miller 1997, Nebel y Wright 1996):

1. Uso doméstico y urbano.
2. Transporte de residuos.
3. Manufactura y procesamiento de recursos naturales.
4. Producción de alimentos.
5. Energía hidroeléctrica.
6. Recreación.

7. Navegación.

8. Hábitat para diversas especies (hidrósfera).

Ecológicamente el agua juega un papel muy importante en la superficie terrestre ya que modera el clima y es esencial para los ecosistemas terrestres (Bassols 1974; Miller 1997; Penman 1970; Postel 1985). Fisiológicamente es indispensable para el sostenimiento del metabolismo de los organismos, incluyendo desde luego al humano ya que es el medio en el que se llevan a cabo los procesos de vida y constituye su fuente de hidrógeno. En promedio los vegetales y animales están constituidos en un 55% por agua (Penman 1970; Salisbury y Ross 1985; Wilkins 1984).

Culturalmente el agua es, individualmente considerado, el factor mas importante para *Homo sapiens* ya que fue determinante para el desarrollo de la agricultura, la industria y la urbanización (Miller 1994; 1997; Nebel y Wright 1996). La aparición de conglomerados humanos en la antigüedad se presentó invariablemente alrededor de fuentes de agua, sobre todo ríos tales como el Nilo en Egipto, Tigris y Eufrates en Mesopotamia y el Amarillo en China. En esas condiciones el uso del agua fue indispensable para la agricultura con el consecuente excedente de producción de alimentos que le permitió al humano destinar tiempo a otras actividades además de la simple sobrevivencia (Jordan 1995; Postel 1984; 1989).

Posteriormente se presentó la revolución industrial que no hubiera ocurrido de no contarse con los medios adecuados para hacer disponibles grandes cantidades de agua para esa actividad. En un principio se usaron máquinas de vapor, incluyendo el ferrocarril y aunque posteriormente la industria se electrificó, siguió usándose el agua como fuente fundamental de energía en las plantas hidroeléctricas. Como producto de la agricultura y la industria se crearon los centros culturales urbanos que no hubieran prosperado sin redes de distribución de agua y drenaje (Berry et al. 1993; Cipolla 1978; Owen 1985). Por todo lo anterior se considera que el uso del agua por el humano es altamente intensivo (Satterlund 1972), por ejemplo, se estima que Estados Unidos

usa 1.28 billones de metros cúbicos por día y es casi el 10% mas que en 1980 (NGS 1993).

La demanda de agua para la agricultura, la industria y las ciudades ha aumentado rápidamente. A nivel global, desde 1950 se ha triplicado el uso del agua que proviene de ríos, lagos y del subsuelo y se estima que ha alcanzado unos 5000 kilómetros cúbicos por año (Fig. 8.5). Otro factor importante de esta problemática es que la demanda de agua a nivel mundial ha crecido mas rápido que la población, debido a que se ha elevado el nivel de vida, consumiéndose en la actualidad unos 800-1000 metros cúbicos por año por persona, lo que representa casi un 50% más de consumo que en 1950, y éste continua incrementándose en la mayor parte del mundo (Postel 1990; 1993; 1996a). Esto ha contribuido al agotamiento de los ríos y acuíferos, pues se ha creado una ilusión de abundancia permitiendo un uso excesivo, sin embargo una de cada tres personas (1.2 billones) en los países menos desarrollados no tienen segura el agua para tomar (Postel 1994).

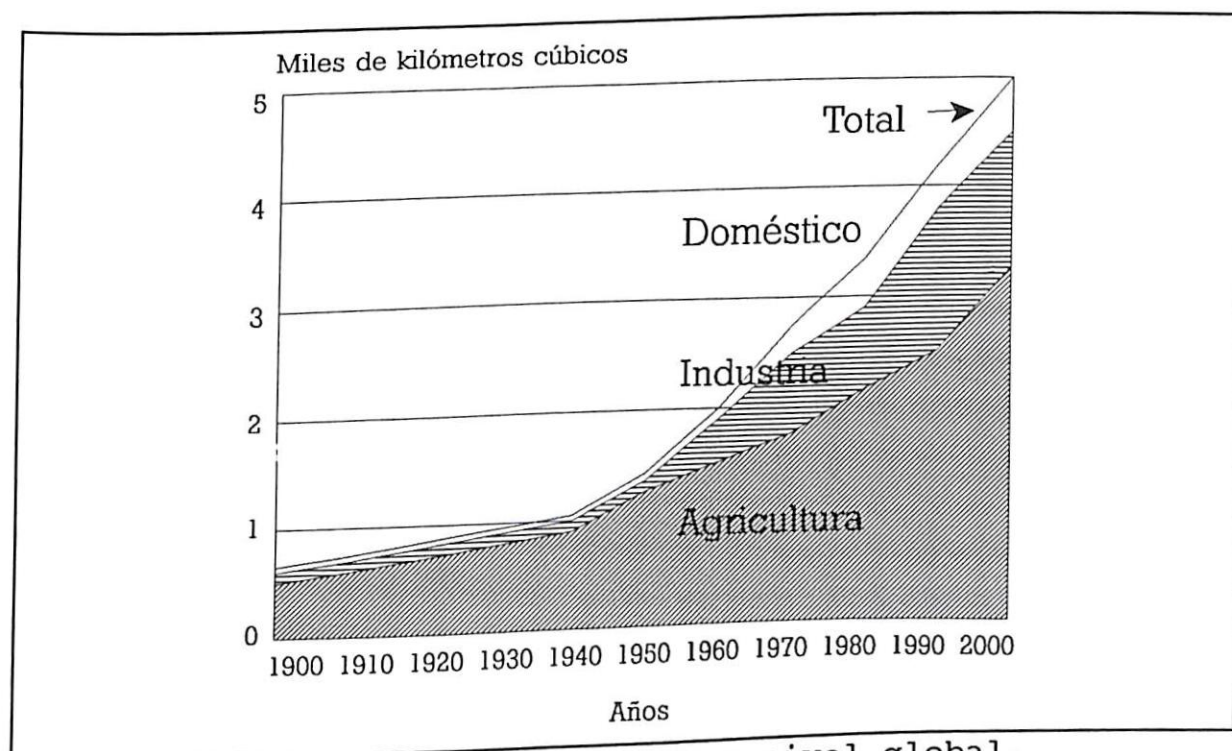


Figura 8.5 Uso de agua por sector a nivel global.

Como consecuencia del sobreuso del agua, se requiere desarrollar estrategias que aumenten su disponibilidad tal y

como la cosecha, reclamación y desalinización que aunadas a técnicas de almacenaje favorezcan la disminución de consumo a través de los métodos tradicionales tales como el uso de agua del subsuelo por perforación de pozos (Cutter et al. 1991; Davenport y Hagan 1981; Owen y Chiras 1995).

Considerando al agua como el medio ambiente de los biomas acuáticos o hidrósfera, tienen que analizarse las corrientes en ésta como una analogía con las corrientes en el aire, con las cuales además interactúa. Cerrando así el círculo dual del clima en el aire y agua, o atmósfera y oceanos a través de los fenómenos conocidos como el niño, la oscilación del sur y la niña que se describirán a continuación.

Anualmente, de diciembre a enero, aparece en las costas de Ecuador y Peru una corriente marina tropical con movimiento hacia el sur y cuya temperatura promedio es entre 1 y 2 °C más alta que la temperatura del océano Pacífico en esa área, esto causa que grandes cantidades de peces y plantas marinas mueran (Ahrens 1991; Miller 1994; 1997). Debido a que este fenómeno generalmente surge en la época navideña, los habitantes de la región le han llamado el El Niño, en alusión al niño Jesus de la tradición católica (Mendoza 1988). Sin embargo, a intervalos irregulares de tres a siete años, esa corriente aumenta la temperatura mas de lo normal, de 5 a 6 °C en promedio (Anthes 1992; Henderson-Sellers y Robinson 1986; Turekian 1996), aunque en 1982-1983 esa temperatura alcanzó 14 °C en algunos lugares (Graves y Reavey 1996).

El niño representa sólo el aspecto oceánico de un fenómeno más complejo que tiene una interacción con las corrientes atmosféricas, donde la presión del aire superficial del este del Pacífico empieza a aumentar, opuesto al oeste del Pacífico el cual disminuye, esto provoca que los vientos del oeste sean reemplazados por los del este. A este fenómeno se le conoce con el nombre de **Oscilación del Sur**, esta interacción oceano-atmósfera ha dado origen a que al fenómeno global le llamen **ENSO** (El Niño/Southern Oscillation), aunque para fines prácticos también se le conoce como El Niño (Fig. 8.6). El ENSO sigue una evolución similar, sin embargo cada evento difiere en magnitud y comportamiento, y

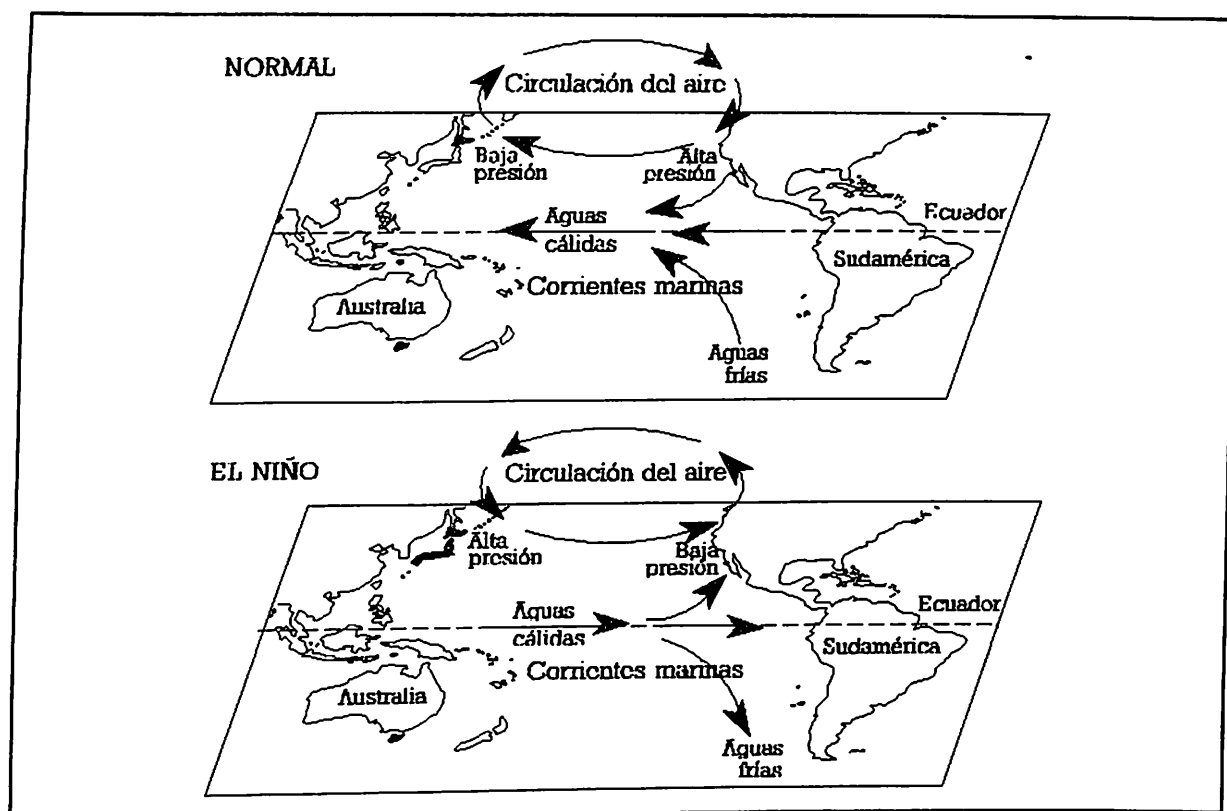


Figura 8.6 Comparación de las condiciones normales y el fenómeno El Niño (modificado de Henderson-Seller 1992 y Miller 1997).

llega a tener consecuencias climáticas graves no sólo para sudamerica, sino tambien para el resto del mundo (Anthes 1992; Kinnaird y O'Brien 1998; Majluf 1998; Turekian 1996), provocando sequías en el sur de Africa, en Indonesia, Filipinas y Australia, mientras que en Ecuador, Perú y hasta el suroeste de los Estados Unidos causa inundaciones (Ahrens 1991; Mendoza 1988).

Terminando el fenómeno ENSO los vientos regresan a lo normal, sin embargo, estos vientos son muy fuertes y enfrían la superficie del agua que se mueven sobre el centro y este del Pacífico, mientras que las aguas calidas y condiciones lluviosas son confinados principalmente en el oeste del Pacífico tropical. A este enfriamiento del agua, que es opuesto las condiciones de el niño se le ha llamado La Niña (Ahrens 1991).

Partiendo de la premisa de que el niño/niña es un proceso dual, tiene que considerarse además su interacción con los procesos naturales de circulación global y la contaminación del aire como actividad antropogénica. Esta

interdependencia de procesos inicia la siguiente reacción en cadena: el incremento de CO₂ (gas de invernadero) contribuye al calentamiento global y el consecuente cambio o alteración de los patrones climáticos produciendo entre otras cosas sequías en algunas regiones e inundaciones en otras, aumento en el nivel del mar como producto del deshielo de las regiones polares y pérdida de biodiversidad (Fig. 8.7).

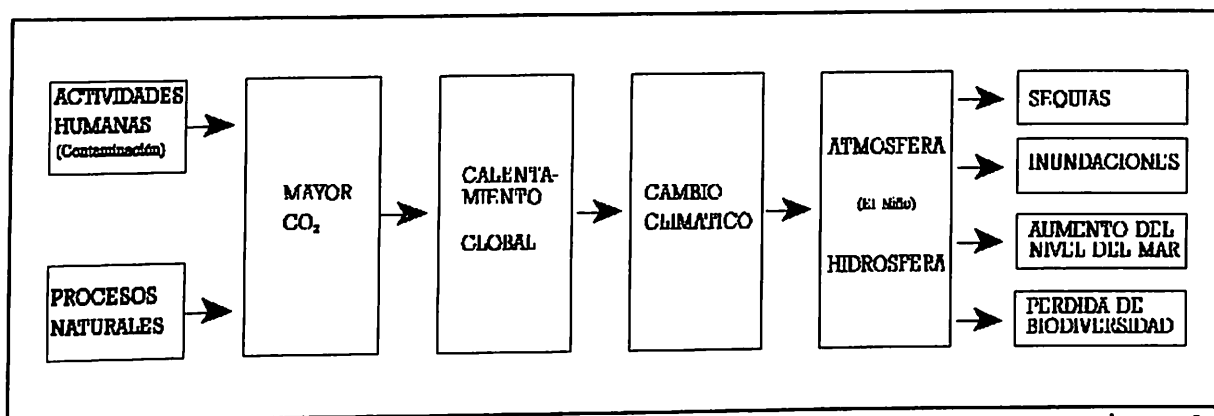


Figura 8.7 Modelo general de las posibles consecuencias de la contaminación por gases de invernadero (modificado de Miller 1997).

CONTAMINACION.

El agua natural nunca es pura, debido a que contiene pequeñas cantidades de sales minerales que son deseables, sin embargo la contaminación del agua es la presencia de sustancias extrañas indeseables que deterioran la calidad de ésta, entendiéndose como calidad la aptitud para usos benéficos, tal como el consumo (Turk et al. 1972).

Los contaminantes pueden ser bióticos como microorganismos, y abióticos como mercurio, plomo y otros elementos como los óxidos de azufre y de nitrógeno que se encuentran en la atmósfera como residuos del uso de combustibles fósiles. Estas sustancias extrañas se pueden clasificar de acuerdo al tamaño de sus partículas, debido a que el tamaño determina la efectividad de los diferentes métodos de purificación. Estas partículas se dividen en tres clases: **suspendidas**, **coloidales** y **disueltas** (Fig. 8.8) (Miller 1994; 1997; Turk et al. 1972). Las partículas suspendidas son las más grandes. Llegan a medir hasta una micra, hacen ver el agua sucia y son reteni-

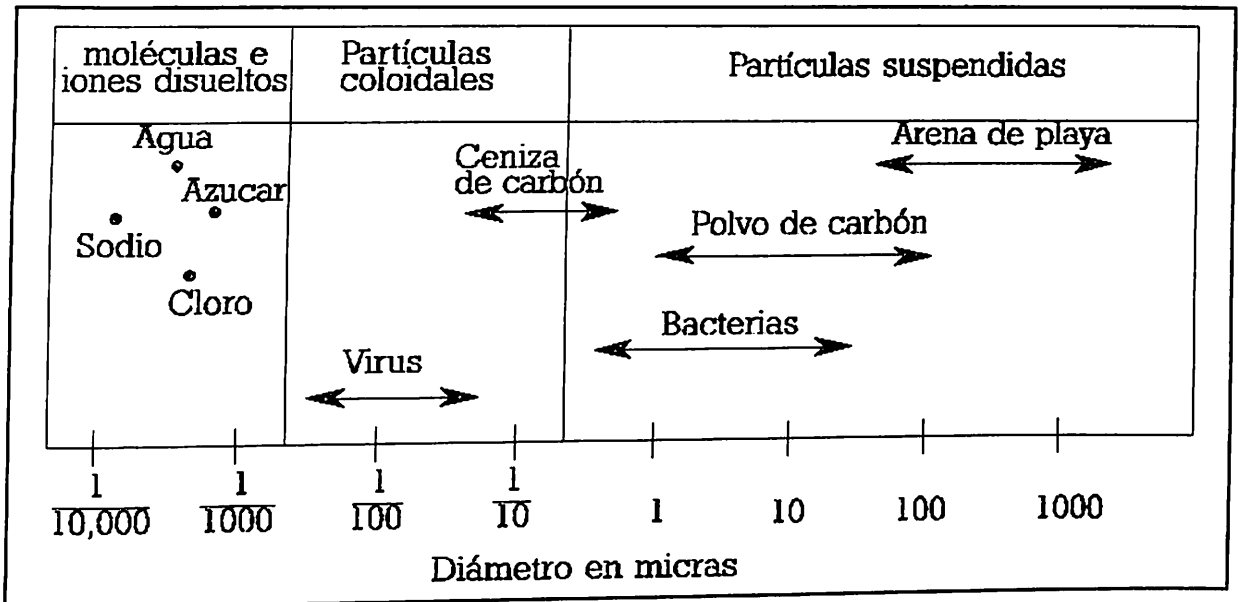


Figura 8.8 Tamaño de pequeñas partículas.

das por los filtros más comunes. Las partículas coloidales son más pequeñas, y a pesar de que llegan a pasar los hoyos de los filtros comunes, el agua que contiene estas partículas es clara. Las partículas disueltas son las más pequeñas, son menores a una milésima de micra, no son retenidas por los filtros y son llamadas iones si están cargadas eléctricamente o moléculas si son neutras.

Una forma importante de contaminación del agua es a lo que se denomina lluvia ácida, la cual es producida por la quema de combustibles fósiles, los cuales liberan óxidos de azufre y de nitrógeno, en la atmósfera estos gases reaccionan con el vapor de agua y caen en forma en ácidos en la lluvia, o en otras formas de precipitación o en forma de partículas ácidas secas (Bryner 1993; Cutter et al. 1991; Postel 1984).

La acidez de una sustancia es indicado por el factor pH, medido en una escala logarítmica, un cambio en una unidad representa un aumento o disminución de la acidez (Fig. 8.9) (Bryner 1993). La lluvia normal tiene un pH que oscila entre 5 y 6, pero cuando existe este problema desciende por debajo de 2, el agua que cae es ácida y corroe los metales, destruye las piedras y los edificios, mata las formas vegetales, en especial destruye los bosques de coníferas, contamina los lagos hasta el punto de aniquilar en ellos toda forma de vida, el efecto no se limita a las áreas industriales sino

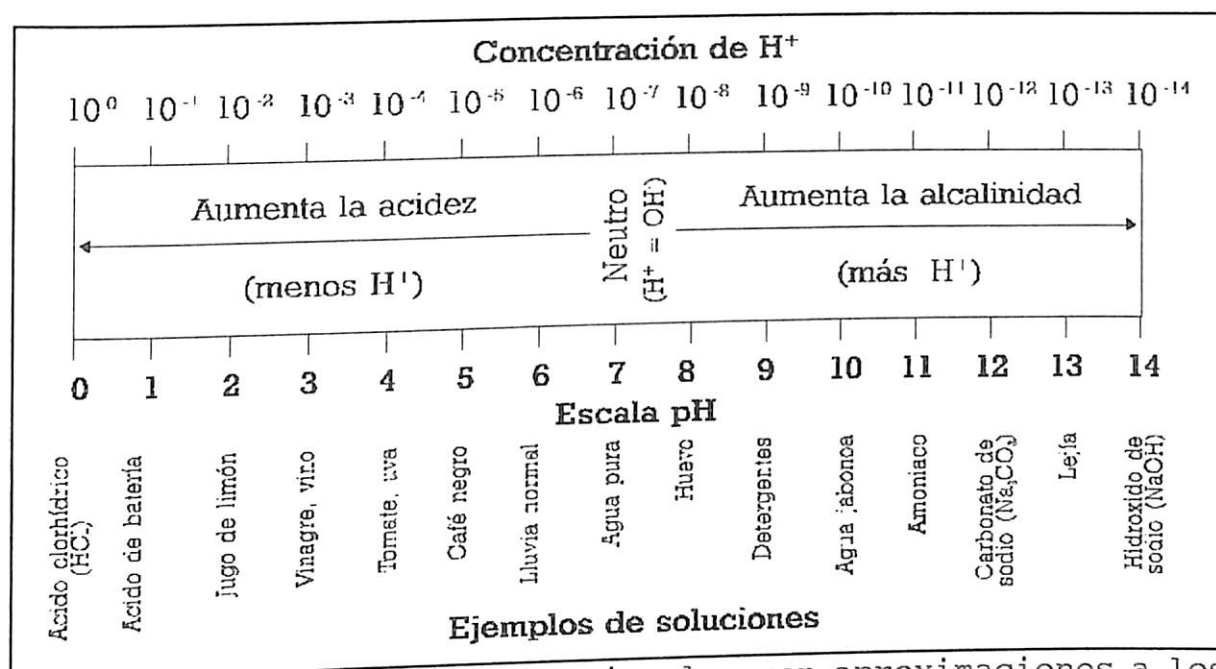


Figura 8.9 Escala pH. Los ejemplos son aproximaciones a los valores de la escala.

que, debido a la existencia de los vientos, afecta por igual a regiones situadas a miles de kilómetros. Las regiones mas afectadas son Europa y Norteamérica (Cutter et al. 1991; Postel 1984).

Otra forma importante de contaminación, no solo del agua sino de su fuente, es la intrusión de agua salada en mantos acuíferos ubicados en áreas costeras (Fig. 8.10), en cuyo caso la única opción es cerrar el pozo (Cutter et al. 1991; Miller 1994; Nebel y Wright 1994).

Además de los efectos de partículas inorgánicas, el agua contaminada esta fuertemente ligada a la incidencia y propagación de enfermedades infecciosas. A nivel mundial alrededor del 99% de enfermedades infecciosas están relacionadas con agua contaminada por patógenos y cientos de veces a la contaminación química del agua para tomar. En países menos desarrollados, 25 millones de personas mueren cada año por patógenos en el agua de consumo a pesar de que casi todas esas enfermedades son fácilmente prevenibles (Platt 1996).

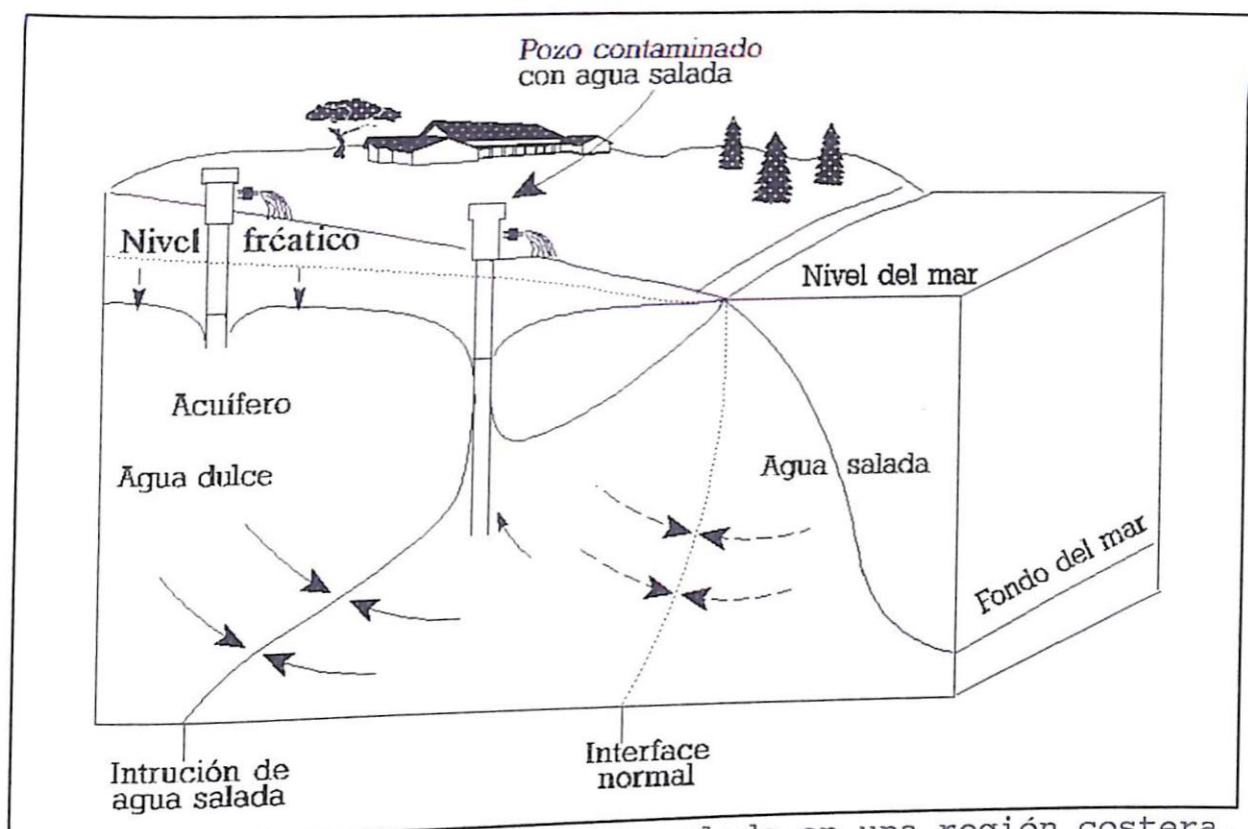


Figura 8.10 Intrusión de agua salada en una región costera.

CONSERVACION.

El manejo y conservación del agua incluyen todas las actividades para obtener, distribuir, usar, regular, tratar y disponer del agua. Estas actividades son básicamente de tres tipos (Davenport y Hagan 1981; Satterlund 1972): 1) las concernientes con la colocación y distribución de las fuentes existentes de agua y la regulación por medios legales o económicos del uso del agua entre varios usuarios; 2) las que tratan de usar las fuentes más eficientemente; y 3) las que involucran el cambio de la producción: su cantidad, calidad, tiempo o lugar.

Sin embargo, una de las principales estrategias es aumentar o proteger la cubierta vegetal, debido a que ésta aumenta la infiltración y en consecuencia propicia la recarga de los acuíferos subterráneos. Lo anterior se complementa con un uso racional del agua, reduciendo la demanda mediante varias técnicas, por ejemplo, precios altos dentro de un

marco económico, reducción de la presión en los sistemas de distribución, o en caso extremo, restricción para ciertos usos (Cutter *et al.* 1991). Algunas estrategias que se han desarrollado para proteger el suelo del agua y por consecuencia para conservar el agua misma, en el sector agrícola han sido mediante varias técnicas agronómicas como: bordos a nivel, trazo de surcos perpendiculares a la pendiente, microcuencas en curvas a nivel, cercos bajos de retención, sistema de entarquinamiento.

LEGISLACION

El problema del agua ha adquirido gran importancia en México desde hace algunas décadas principalmente por su escasez (Voguel y Chapa 1997), y durante mucho tiempo no se le dió importancia al aspecto de su contaminación. Sin embargo, en años recientes, se han establecido normas y leyes en materia de prevención y control de la contaminación del agua, por ejemplo, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) de 1988, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) de 1992 y la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (LFDMA) de 1990, reformada en 1992. Estas leyes contienen criterios de regulación para hacer mas eficiente el uso de este recurso.

La LGEEPA establece los lineamientos generales que permiten la aplicación de reglamentos más específicos, la LAN retoma y especifica elementos de la LGEEPA, introduciendo disposiciones para cuidar la calidad del agua, mientras que la LFDMA se orienta especialmente a la determinación de los pagos por el uso del agua y de los derechos por descargas residuales.

EDUCACION

El aspecto de la educación ambiental en lo pertinente al agua, debe contemplar los principales usos de la misma y sus prioridades. Pertinente al uso agrícola, la educación deberá

comprender campañas de conscientización entre los productores de tal manera que se incremente la eficiencia de la irrigación. Se estima que con elevar esa eficiencia en solo un 10% se ahorraría suficiente agua para proveer todos los requerimientos de agua para uso residencial (Postel 1985). Como complemento de lo anterior los programas académicos deberán orientar la investigación y educación hacia el mejoramiento de especies con menores requerimientos de irrigación (Chessmore 1979) y a la consideración del agua como componente integral de las cuencas hidrológicas (Spaeth et al. 1996).

En lo pertinente al uso urbano, la educación deberá incrementar las campañas orientadas a promover las estrategias que reduzcan el uso doméstico y eliminen su desperdicio (Miller 1994; 1997).

LITERATURA CITADA

- Abramovitz, J.N. 1996. Imperiled waters, impoverished future: the decline of freshwater ecosystems. Worldwatch Paper 128. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Ahrens, C.D. 1991. Meteorology Today: an introduction to weather, climate, and environment. West Publishing Company. St. Paul, MN.
- Allen, S.W., and J.W. Leonard. 1966. Conserving natural resources. 3 ed. Mc Graw-Hill Book Company.
- Anthes, R.A. 1992. Meteorology. 6 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- Bassols, B.A. 1974. Recursos naturales: Climas, agua, suelos, vegetación y fauna teoría y uso. Editorial Nuestro Tiempo. México.
- Berry, B.J.L., E.C. Conkling, and D.M. Ray. 1993. The global economy: resource use, locational choice, and international trade. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- Branson, F.A., G.F. Gifford, K.G. Renard, and R.F. Hadley. 1981. Rangeland Hydrology. 2 ed. SRM Range Science Series No. 1. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque.
- Bryner, G.C. 1993. Blue skies, green politics: The clean Air Act of 1990. Congressional Quarterly Inc. Washington, D.C.

- CCC-Consejo Consultivo de Ciencias. 1994. La ecología, las ciencias ambientales y la situación ambiental en México. Presidencia de la República. México.
- Chessmore, R.A. 1979. Profitable pasture management. The Interstate Printer & Publishers, Inc. Danville, Illinois.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science: Action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, Ca.
- Cipolla, C.M. 1978. The Economic History of World Population 7 ed. The Harvester Press. Sussex.
- Cutter, S.L., H.L. Renwick, W.H. Renwick. 1991. Exploitation, conservation, preservation: a geographic perspective on natural resource use. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Dasmann, R.F. 1976. Environmental conservation. 4 ed. John Wiley & Sons. New York.
- Davenport, D.C. and R.M. Hagan. 1981. Concepts for conserving agricultural water. In J.T. Manassah, E.J. Briskey (Eds). Advances in food-producing systems for arid and semiarid lands: Part A. Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (KFAS). Academic Press. New York. pp. 379-389.
- Downes, R.G. 1958. Soil salinity in non irrigated arable and pastoral land as the result of unbalance of hydrologic cycle. UNESCO Arid Zone Symposium. Teheran
- Downes, R.G. 1964. Water resource, use and management. Melbourne University Press. Melbourne.
- Enkerlin H., E., R.C. Mier R. 1997. Suelo y agua. In Enkerlin, E.C., G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (Eds). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp. 235-261
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 1993. Papel del ganado doméstico en el control de la desertificación. FAO - PNUMA. Santiago, Chile.
- Frederick, K.D. 1990. Water resources. In R.N. Sampson and D. Hair. Natural Resources for the 21st century. American Forestry Association. Island Press. Washington, D.C. pp. 143-174.
- Graves, J. and D. Reavey. 1996. Global environmental

change: plants, animals and communities. Longman

- Henderson-Sellers, A. and P.J. Robinson. 1986. Contemporary climatology. Longman Scientific & Technical. England.
- Jordan, C.F. 1995. Conservation. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Kinnaird, M. and T. O'Brien. 1998. Letter from Indonesia: forest fires that raged throughout Indonesia are linked to a quirky El Niño. *Wildlife Conservation* 101(2):6-7.
- Laporte, L.F. 1975. Encounter with the earth resources. Canfield University Press. San Francisco.
- Majluf, P. 1998. Letter from Peru: arriving months early, El Niño took everyone by surprise. *Wildlife Conservation* 101(2):8-9.
- Mendoza, B. 1988. "El Niño" retoza en tierra y mar. *Información Científica y Tecnológica (ICyT)* 10(141): 54-56.
- Miller, G.T. Jr. 1994. Living in environment: principles, connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental science: working with the earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Nebel, B.J. 1987. Environmental Science. The way the world works. 2 ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1993. Environmental Science: the way the world works. 4 ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1996. Environmental Science: the way the world works. 5 ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- NGS-National Geographic Society. 1993. Water: precious resource National Geographic. Special edition. 184(5a): (supplement) (Nov).
- Owen, O.S. 1985. Natural resource conservation. An ecological approach. 4 ed. Macmillan Publishing, Inc.
- Owen, O.S. and D.D. Chiras. 1995. Natural Resource Conservation: management for a sustainable future. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Parfit, M. 1993. Sharing the wealth of water. National Geographic. Special edition. 184(5a):20-36 (Nov).
- Penman, H.L. 1970. The water cycle. Sci. Amer. 223(3): 98-108.
- Pereira, H.C. 1973. Land use and water resources. Cambridge University Press. Cambridge.
- Platt, A.E. 1996. Confronting infectious diseases. In Brown, L.R., et al. State of World 1996. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 114-132.
- Postel, S. 1984. Water: Rethinking management in an age of scarcity. Worldwatch Paper 62. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Postel, S. 1985. Managing freshwater supplies. In Brown, L.R., et al. State of World 1985. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 42-72.
- Postel, S. 1990. Saving water for agriculture. In Brown, L.R., et al. State of World 1990. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 39-58.
- Postel, S. 1993. Facing water scarcity. In Brown, L.R., et al. State of World 1993. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 22-41.
- Postel, S. 1994. Carrying capacity: Earth's bottom line. In Brown, L.R., et al. State of World 1994. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 3-21.
- Postel, S. 1996a. Dividing the water: food security, ecosystem health, and the new politics of scarcity. Worldwatch Paper 132. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Postel, S. 1996b. Forging a sustainable water strategy. In Brown, L.R., et al. State of World 1996. A Worldwatch Institute Report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 40-59.
- Rawlins, S.L. 1981. Principles of salinity control in irrigated agriculture. In J.T. Manassah, E.J. Briskey (Eds). Advances in food-producing systems for arid and semiarid lands: Part A. Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (KFAS). Academic Press. New

York. pp. 391-420.

- Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1985. Plant physiology. 3 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Satterlund, D.R. 1972. Wildland Watershed Management. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Spaeth, K.E., F.B. Pierson, M.A. Weltz, and R.G. Hendricks. 1996. Grazingland hydrology issues: perspectives for 21st century. Society for Range Management. Denver.
- Turekian, K.K. 1996. Global environmental change: past, present, and future. Prentice Hall. New Jersey.
- Turk, A., J. Turk and J.T. Wittes. 1972. Ecology, pollution, environment. W.B. Saunders Company. Philadelphia. Pa.
- USDA-United States Department of Agriculture. 1955. Water. The Yearbook of agriculture 1955. Stefferud, A. (ed). The United States Department of Agriculture. Washington, D.C.
- Voguel M., E. L Chapa A. 1997. legislación ambiental. In Enkerlin, E.C., G. Cano, R.A. Garza, E. Voguel (Eds). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thompson Editores. México. pp. 477-496.
- Walton, C.W. 1970. Groundwater resource evaluation. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Widstrand, C. (ed). 1980. Water, conflicts and research priorities. Pergamon Press. Oxford.
- Wilkins, M.B. (ed). 1984. Advanced plant physiology. Pitman Publishing Limited. London.

9. ENERGIA

La energía se define como la capacidad para producir trabajo (Odum 1959; Smith 1986), e incluye luz, calentamiento, enfriamiento, transporte, así como otras actividades (Nebel 1987) y procesos tales como el ruido (Turk et al. 1972). Casi toda la energía que se utiliza en la tierra proviene del sol por lo que sin la energía solar, los océanos estarían congelados y la temperatura del planeta en promedio sería de -240°C , (Miller 1997; Myers 1984). La energía solar es absorbida por la tierra de formas diferentes, la primera consiste en la absorción por la atmósfera y por aquellas partes de la tierra que están cubiertas por el agua y como consecuencia causa el movimiento de masas de aire y de agua.

La radiación que incide sobre el límite exterior de la atmósfera se conoce como constante solar ($2 \text{ Cal/cm}^2/\text{min}$) y de ésta solo el 47% alcanza la superficie terrestre. Más de la mitad se refracta o difracta al espacio o se refleja a partir de partículas suspendidas en el aire o a partir de las nubes. De la energía que llega hasta el suelo la mitad incide en forma difusa ya que es absorbida en el aire (partículas o nubes), por lo que solo el 23.5% de la constante solar incide directamente sobre la superficie (Ver Fig. 7.5) (Larcher 1983).

Otra parte de la energía es absorbida directamente por las plantas y los animales, las plantas la absorben por medio del proceso de la fotosíntesis, utilizándola para convertir elementos químicos inorgánicos en materia vegetal, esto proporciona el alimento tanto para los animales terrestres como para los marítimos (Dasmann 1976; Larcher 1983). La energía proveniente del sol se puede representar mediante el espectro electromagnético (Castillon 1992; Salisbury y Ross 1985), del cual las plantas solo pueden aprovechar lo que se

conoce como luz visible (Fig. 9.1) (Larcher 1983). A través de la conversión fotosintética se obtiene la productividad primaria o producción neta de la vegetación (Brewer 1994).

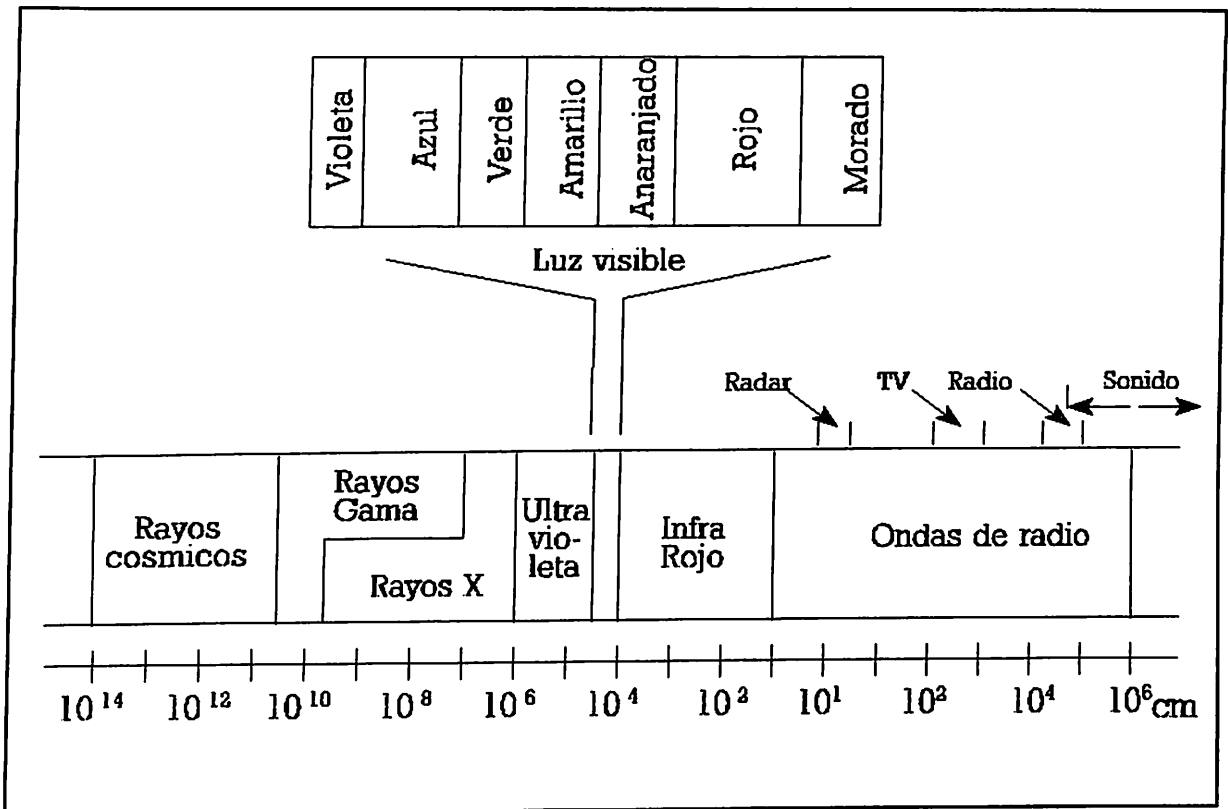


Figura 9.1 Espectro electromagnético

La energía solar también se encuentra almacenada en forma de combustibles fósiles tales como el carbón y el petróleo, que provienen de la descomposición de materiales orgánicos a lo largo de millones años (Dasmann 1976; McMullan et al. 1977). Es esta última forma de energía de donde procede la mayor parte de energía que consume la sociedad contemporánea, sin embargo existen límites con respecto a la cantidad disponible de cada uno de esos recursos. Por otro lado, el uso continuado de esos recursos en el futuro es cuestionable ya que supone importantes problemas ecológicos por la contaminación que producen, sobre todo debido al incremento de los gases de invernadero (Chiras 1991; Flavin 1989; Miller 1997).

Los recursos naturales, de acuerdo a la clasificación propuesta en este trabajo, se categorizan en inagotables y agotables, esta última categoría se divide en potencialmente renovables y no renovables, las fuentes energéticas no se

salvan a esta clasificación, sin embargo, para efectos prácticos en este trabajo se mencionará a las fuentes inagotables y agotables pero potencialmente renovables como **recursos energéticos renovables** y a las fuentes agotables no renovables como **recursos energéticos no renovables**.

RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES

Los recursos energéticos renovables son fuentes de energía que están disponibles continuamente como la energía solar, o son regenerados como la madera (Cutter et al. 1991). Las fuentes renovables de energía son muy variadas, se presentan en forma de energía radiante (solar), química (biomasa, incluyendo la madera y la leña), potencial (depósitos de agua como fuente de energía hidroeléctrica, los depósitos de combustibles fósiles y las fuentes geotérmicas), cinética (del viento) y la nuclear (Chiras 1991; Miller 1997).

Durante la mayor parte de la historia del humano (hasta el siglo XIX), las fuentes disponibles de energía eran de naturaleza renovable (Dasmann 1976; Ehrlich y Ehrlich 1990), como el viento, agua, madera, energía animal y humana. La demanda de estos combustibles fue frecuentemente excesiva y provocó escasez y agotamiento de recursos a través de la deforestación, por ejemplo, sin embargo hasta entonces hubo poca contaminación como producto del uso de los recursos energéticos. A partir del siglo XIX, sin embargo, el uso intensivo y cada vez mas extendido del carbón, petróleo y gas natural ha acelerado el agotamiento de estos combustibles (Miller 1997), a pesar de que continúa el uso desmedido de combustibles tradicionales como la leña entre poblaciones de bajos recursos (Eckholm 1975).

Energía solar.

La energía solar o radiante incluye la radiación directa del sol y varias formas indirectas, que son producidos cuando la energía solar directa interactúa con la tierra (como ali-

mentos u otros materiales producidos por las plantas y animales, energía del viento, del agua, etc.). Se caracteriza por que es una energía no contaminante que ha estado y estará disponible por varios millones de años, por lo menos, por lo que se le considera como un recurso inagotable (Miller 1997).

Del total de energía solar atrapada por las plantas fotosintéticas o **productividad primaria cruda** se deduce la energía que es utilizada por las plantas en la respiración y da como resultado la **productividad primaria neta (PPN)**, la cual se traduce como resultado del proceso productivo en la **producción primaria neta** ($\text{kcal/m}^2/\text{año}$) o **biomasa** ($\text{g/m}^2/\text{año}$). La productividad y producción de los heterótrofos se denomina **secundaria** (Brewer 1994; Lieth y Whittaker 1975; Smith 1986; Whittaker 1975).

Existe un exceso de energía solar ya que los ecosistemas naturales utilizan sólo una fracción de la misma, teóricamente, todas las necesidades humanas podrían ser cubiertas por con solo el 1% de la energía que incide sobre la superficie terrestre (Nebel, 1987). La principal limitación de la energía solar es que es una fuente intermitente, es bloqueada en las noches y los días nublados, por consiguiente, la energía solar debe ser colectada y almacenada, pero la tecnología actual para almacenarla es limitada (Chiras, 1991).

En términos generales los productores constituyen el 88% del total de la biomasa terrestre mientras que los heterótrofos solo constituyen el 12% restante (Nebel 1987). Las productividades netas varían entre biomas o comunidades y han sido descritas en detalle (Whittaker y Likens 1973; Lieth y Whittaker 1975) y puede resumirse considerando un promedio global de 2-3%, con fluctuaciones que van desde menos de 1% en comunidades menos productivas como los pastizales y los océanos, hasta 9% o más bajo condiciones agrícolas (Larcher 1983).

Por diversos mecanismos tales como deforestación, urbanización y sobreapacentamiento, se reduce la productividad de los ecosistemas. Para comprender la magnitud del efecto de la población humana se puede señalar que antes del impacto humano, los ecosistemas terrestres tenían el potencial para producir un total de 170-150 billones de toneladas

de materia orgánica por año, de los cuales se estima que los humanos han destruido el 12% y usan directamente un 27% (Lieth y Whittaker 1975; Nebel y Wright 1996; Vitousek et al. 1986). En consecuencia, el humano se ha apropiado de cerca del 40% de la **productividad primaria neta (PPN)**, que es la cantidad total de energía solar convertida en energía bioquímica a través de la fotosíntesis de las plantas menos la energía que ellas utilizan en sus procesos de vida (Ricklefs 1993; Whittaker y Likens 1975). Lo anterior indica que si la población se duplicara, tal y como se ha proyectado numerosas veces, en el transcurso de los siguientes 35 a 40 años, consumiría el 80% de la PPN, siendo ésta el limitante principal de la capacidad de carga de la tierra (Chiras 1991; Postel 1994).

La forma mas simple aprovechar la energía solar es directamente en forma de calor, sin embargo también puede ser transformada en energía eléctrica (Flavin y Lenssen 1990). El calor se puede usar en forma **pasiva** o **activa** para calentar edificios y agua principalmente, y existe una técnica para cada una de estas dos formas, la primera es, el **sistema de calentamiento pasivo solar**, el cual captura los rayos solares, los convierte en calor y aprovecha las corrientes naturales de convección para distribuirlo en edificios o depósitos de agua (Fig 9.2a Miller 199). Por otro lado un **sistema de calentamiento activo solar** utiliza bombas o ventiladores para substituir las corrientes naturales de convección (Fig. 9.2b) (Chiras 1991; Miller 1994; 1997; McMullan et al. 1977; Nebel y Wright 1993).

La energía solar puede ser usada para generar electricidad mediante el uso de **celdas fotovoltaicas**, mejor conocidas como **celdas solares** (Chiras 1991; Hubbard 1989). Estas celdas son discos delgados de silicio que con la luz del sol liberan un flujo de electrones, creando así una corriente eléctrica (Fig. 9.3). Esta tecnología se desarrolló por primera vez en la década de los cincuentas con costos extremadamente caros y aunque rápido disminuyeron dramáticamente, al construir unos cuantos prototipos de paneles fotovoltaicos, no fue competitiva como una fuente de electricidad, debido a que era la época de la construcción de

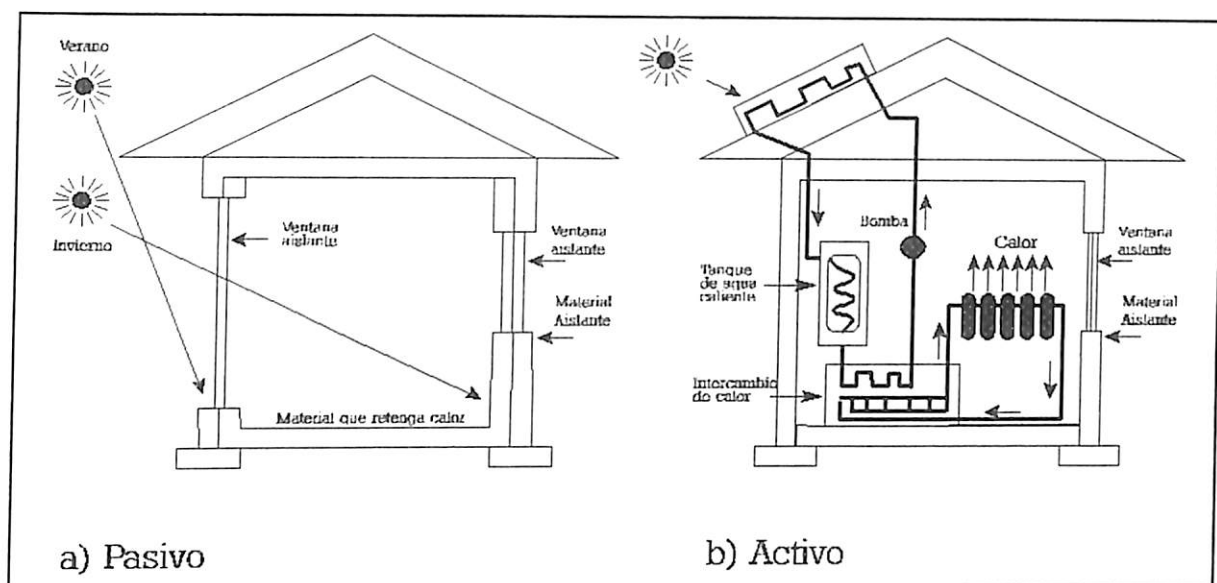


Figura 9.2 Sistemas solares de calentamiento para una casa.

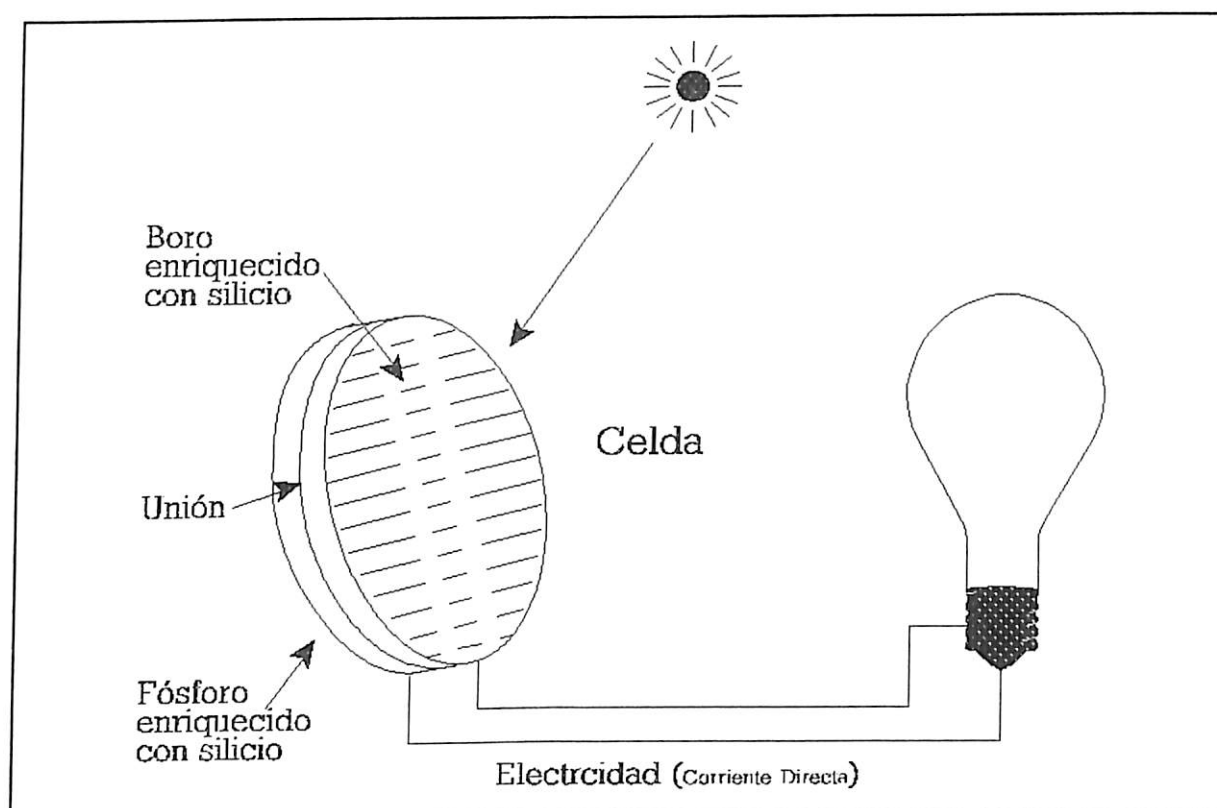


Figura 9.3 Celda solar fotovoltaica.

plantas nucleares, sin embargo, los programas espaciales apoyaron esta tecnología como una fuente de energía para su uso en satélites, siendo en la actualidad, quien provee energía a todos los satélites, los cuales son la base de la era moderna o de la informática, además se está extendiendo rápidamente debido a sus múltiples usos prácticos (Cutter et

al. 1991; Flavin 1982; 1983; Hubbard 1989; Miller 1994; 1997).

Energía del viento.

El viento constituye una fuente de energía inagotable, gratuita y no contaminante. Esta energía (cinética) ha sido usada durante siglos principalmente en barcos veleros y para mover las aspas o hélices de los molinos de viento. Cerca del 2% de la energía solar que incide sobre la tierra es convertida en viento o **energía eólica**, y se forma debido a las diferencias de temperatura en la atmósfera. En esencia es mas caliente en el ecuador y la tierra que en los polos y en los océanos. Las masas de aire caliente tienen menor densidad que el aire frío lo que provoca un movimiento de convección, en consecuencia el aire frío de los polos se mueve hacia el ecuador para reemplazar el aire caliente y a menudo el aire de los océanos se mueve hacia la tierra para reemplazarlo cuando esta mas caliente en la tierra (véase *patrones de circulación del aire*) (Chiras 1991; Dasmann 1976).

La energía del viento ofrece muchas ventajas: es limpia y renovable, usa solo una pequeña área de tierra y es segura de operar, además la tecnología para captar esta energía no evita otros usos de la tierra, por ejemplo, en los lugares donde se capta la energía eólica, pueden ser apacentadas o cultivadas (Chiras 1991). Sin embargo, un inconveniente importante lo constituye el hecho de que la velocidad y la dirección del viento están sujetas a rápidas fluctuaciones, y a veces puede cesar completamente.

Existen dos modos mediante los cuales es posible aprovechar la energía del viento, el primero de ellos consiste en la utilización directa de su energía mecánica. Este es el principio a partir del cual se han estado utilizando los molinos de viento para diferentes tipos de aplicaciones durante siglos. En general, la utilización del viento supone normalmente un molino de viento conectado a un generador de electricidad (aerogenerador) (Chiras 1991).

Energía hidráulica

La energía hidráulica puede ser obtenida directamente a partir de corrientes o ríos (hidroeléctrica) de rápido caudal, y cuando el caudal es relativamente lento, es posible aumentar su velocidad construyendo un dique o presa, o estrechando artificialmente la anchura del canal por el que discurre el agua. Al igual que ocurre con la utilización del viento, las técnicas de aprovechamiento de la energía del agua han existido desde siglos (Chiras 1991; Miller 1994; 1997).

El agua tiene la ventaja, con respecto al viento, de que su caudal es mucho más regular y predecible. Sin embargo, la energía hidráulica tiene el inconveniente de que, a menos de que se posean los medios necesarios para transmitir su energía a largas distancias, su utilización queda restringida a los sitios que están cercanos a los ríos y corrientes de agua, careciendo de la flexibilidad geográfica que posee la energía proveniente del viento, además, es obvio que no puede ser utilizada cuando la temperatura desciende por debajo del punto de congelación (Castillon 1992; Nebel 1987; McMullan et al. 1977; Owen 1985). La energía hidráulica también puede ser utilizada directa o indirectamente. Normalmente su utilización directa se realiza por medio una rueda hidráulica, que fue la fuente de energía mas importante hasta mediados del siglo XIX, siendo sustituida por la hidroturbina (McMullan et al. 1977).

La utilización de turbinas constituye un modo alternativo de aprovechamiento de la energía hidráulica, la elevada velocidad de rotación que obtiene la hidroturbina hace de ella un instrumento sumamente adecuado para la generación de electricidad, y la hidroelectricidad es ampliamente utilizada en muchos países (Chiras 1991; McMullan et al. 1977). Los esquemas hidroeléctricos de gran amplitud causan a menudo extensos daños ambientales, particularmente cuando suponen la creación de grandes presas necesarias para proporcionar un volumen de agua suficiente (Castillon 1992; Miller 1997). Sin embargo, las turbinas de agua a pequeña escala pueden ser instaladas a junto a un río con un mínimo de interferencia

con respecto a su caudal global (McMullan et al. 1977).

Energía geotérmica.

La geotermia es la energía que proviene del calor de la corteza terrestre (Cutter et al. 1991; Nebel 1987). Su esquema de aprovechamiento es la inyección de agua a cierta profundidad, donde el calor terrestre eleva su temperatura para su posterior aprovechamiento, principalmente en la generación de energía eléctrica (McMullan et al. 1977).

El gradiente normal de temperatura en el interior de la tierra es de aproximadamente 25 °C/km de profundidad (Owen 1985). En consecuencia, si la temperatura ambiente es de 15 °C, es previsible que un pozo perforado aleatoriamente a una profundidad de 1 Km registre una temperatura de 40 °C. Sin embargo, en algunas regiones el gradiente de temperatura es muy superior al normal, pudiendo alcanzar hasta 1 °C /m. Tales gradientes están usualmente situados en regiones volcánicas jóvenes, corteza terrestre delgada o límites de bloques tectónicos, características asociadas por lo demás con fuentes térmicas que pueden alcanzar los 1200 °C (Owen 1988).

Hasta hace poco, los incentivos para el desarrollo de la energía geotérmica fueron sumamente escasos, debido a que los combustibles fósiles eran relativamente abundantes. Pero desde 1973, cuando los combustibles fósiles decrecieron marcadamente, se enfatizó el interés por la energía geotérmica, tanto para usos eléctricos como no eléctricos (Miller 1994; 1997).

El desarrollo en gran escala de la energía geotérmica presenta muchos problemas, el vapor caliente o el agua llevan a la superficie frecuentemente sales y otros contaminantes, particularmente compuestos de sulfuro (Castillon 1992). Estos contaminantes son altamente corrosivos para las turbinas y otros equipos y también contaminan el aire y el agua y puede ser ecológicamente desastrosos, esta contaminación por sulfuros puede ser equivalente a las de las plantas que usan combustibles fósiles (Nebel 1987).

Biomasa.

La biomasa (energía química) es la materia orgánica contenida en los organismos, es producida en primera instancia por la fotosíntesis, por lo tanto, es una forma indirecta de energía solar. La energía de la biomasa puede aprovecharse de dos formas diferentes, según el estado físico de la materia utilizada, la forma mas sencilla de obtener energía de la biomasa es quemándola directamente (leña, paja) (Miller 1997; Eckholm 1975) El otro procedimiento para obtener energía es de carácter bioquímico y se basa en reacciones de fermentación, producidas con o sin aire, es decir aerobias o anaerobias. En el primer caso se obtiene el etanol o alcohol etílico, en el segundo, el producto resultante es el biogas y su capacidad energética es tres veces mayor a la del gas natural y el gas licuado. Estas formas pueden ayudar a reducir la dependencia de las fuentes energéticas no renovables, y ofrece muchas ventajas, la mas notable es la alta tasa de eficiencia energética cuando es colectada y quemada cerca de las fuentes de producción, no contamina la atmósfera con bióxido de carbono y tiene muchas aplicaciones (Chiras 1991).

Se puede señalar que el contenido energético de la biomasa almacenada en la superficie terrestre en la actualidad, es equivalente a las reservas probadas de combustibles fósiles. En el medio rural, la biomasa representa la fuente mas importante de energía primaria, proporcionando en muchos casos mas del 90% de la energía consumida, pero desafortunadamente su empleo se realiza con muy baja eficiencia. Esto conduce a una disponibilidad muy baja de energía útil, con un consumo excesivo, lo que a su vez lleva a serios problemas de degradación ecológica, como son la deforestación, la erosión y la desertificación (Chiras 1991; Eckholm 1975).

RECURSOS ENERGETICOS NO RENOVABLES

Energía nuclear

Existen dos tipos de energía nuclear, una esta basada en el desprendimiento de energía mediante el proceso de fisión de núcleos de átomos pesados (uranio-235 y plutonio-239), y es la clase de energía que es utilizada actualmente para generar electricidad. La otra esta basada en la fusión de núcleos de determinados átomos ligeros, como el hidrógeno, también con desprendimiento de energía, pero involucra temperaturas extremadamente altas, que ningún recipiente conocido podría soportar (Castellanos 1984; Chiras 1991; Cutter *et al.* 1991; Miller 1994; 1997; Turk *et al.* 1981).

Por muchos años se creyó que las necesidades energéticas de la humanidad iban a ser cubiertas por la energía nuclear, pues ofrece muchas ventajas, los reactores producen muy poca contaminación del aire, poca área de tierra es destruida por minación y el costo del transporte del combustible nuclear es mucho mas bajo que el equivalente al carbón. Sin embargo, muchos países han reducido o eliminado sus programas de energía nuclear, debido a que produce desechos radioactivos peligrosos que además de producir destrucción ambiental pueden resultar en daños somáticos y genéticos en los organismos. Por otro lado, los desechos nucleares son capaces de permanecer miles de años, y aún no se ha desarrollado un dispositivo seguro para los deshechos nucleares, lo que ha permitido una baja aceptabilidad social (Cutter *et al.* 1991).

Combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son depósitos de productos de descomposición de plantas y animales que ocurrió hace millones de años y se presenta como carbón, petróleo crudo y gas natural (Miller 1994; 1997). De estos combustibles, el más abundante es el carbón, el cual es un energético sólido,

que contiene de un 55 a 90% de carbono mezclado con cantidades variantes de agua y pequeñas cantidades de compuestos que contienen azufre y nitrógeno. De acuerdo a las tendencias actuales de uso, su agotamiento se estima en varios cientos de años. Es ampliamente usado para generar electricidad y calor de altas temperaturas para procesos industriales, sin embargo, tiene grandes desventajas ya que libera más CO_2 por unidad de energía producida que cualquier otro combustible fósil, no puede ser usado convenientemente en vehículos ni en hogares a menos que sea convertido a combustible líquido o gaseoso, y produce grave impacto ambiental en los lugares de extracción entre otros (Chiras 1991; Owen y Chiras 1995).

Otro combustible fósil es el **petróleo crudo**, consistente en una mezcla líquida de proporciones ampliamente variables de hidrocarburos que contiene como impurezas principales pequeñas cantidades de azufre, oxígeno y nitrógeno. A pesar de que también libera considerables cantidades de CO_2 , el petróleo ha sido la fuente de energía más importante del siglo XX debido a que puede ser utilizado en una variedad de formas para proveer luz, calor y fuerza mecánica. Es fácilmente transportado y tiene una alta producción de energía neta, además de otras aplicaciones además de combustible. Sin embargo, las reservas probadas pueden ser agotadas en un plazo de 40 a 80 años de acuerdo a las tendencias actuales de consumo (Chiras 1991; Miller 1994; 1997).

El último de los combustibles fósiles es el **gas natural**, éste está compuesto de una mezcla de hidrocarburos de bajo peso molecular y es ampliamente usado desde aplicaciones domésticas hasta industriales. El gas natural a menudo es descrito como un combustible ideal o limpio debido a su bajo contenido de contaminantes y su alta eficiencia energética así como su fácil transportación principalmente en países que cuentan con gasoductos y provoca poco impacto en los lugares de extracción, a menos que éstos se construyan en áreas naturales. Las reservas estimadas del gas natural son inciertas, pero las mejores estimaciones indican que a la tasa de consumo actual durarían esas reservas alrededor de un 100 años (Chiras 1991; Owen y Chiras 1995; Miller 1994; 1997).

USOS Y CONTAMINACION

El humano, consume energía directa e indirectamente. La primera es en forma de alimentos, para el desarrollo de su metabolismo (energía endosomática), la segunda la usa para cocer sus alimentos, para transporte, luz, etcétera (energía exosomática) (Castellanos 1984; Miller 1994; 1997). Las necesidades de energía endosomática no ha aumentado en la historia del humano; lo que ha aumentado es la necesidad de energía exosomática, como consecuencia de las grandes revoluciones del humano. En la época primitiva, por ejemplo, el humano solo necesitaba 2,000 kilocalorías (Kcal, una caloría es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en 1 °C) de energía por persona por día y esta energía provenía esencialmente de sus alimentos. Con la revolución agrícola sus necesidades de energía aumentaron a 12,000 Kcal y al inicio de la revolución industrial el uso diario por persona era de 60,000 Kcal. Actualmente, una persona de un país desarrollado gasta 125,000 Kcal por día, sin embargo, en Estados Unidos una persona consume 230,000 Kcal (Fig. 9.4) (Castellanos 1984; Dasmann 1976; Miller 1994; 1997; Nebel 1987).

Se espera que para el año 2020 el mundo requiera 75% mas energía de la que consume actualmente, por lo que tienen que considerarse alternativas renovables al uso de combustibles fósiles que en la actualidad comprende el 85% de la fuente energética (Flavin y Lenssen 1990; Miller 1997). A pesar de que la mayor parte de la energía en la tierra proviene en última instancia del sol, la cantidad que se aprovecha directamente de esta fuente es muy reducida debido a que es una energía de baja densidad que requiere mayor desarrollo tecnológico para convertir y almacenar eficientemente (Nebel 1987). Esa problemática, sin embargo, es objeto de gran interés y desarrollo, y a corto plazo podrá resolverse para incrementar la disponibilidad de energía solar (Flavin 1982).

El 99% de la energía usada para calentar la tierra, y los edificios proviene directamente del sol, el 1% restante, es energía comercial (porque es vendida en el mercado) generada por el humano, o es energía no comercial usada por

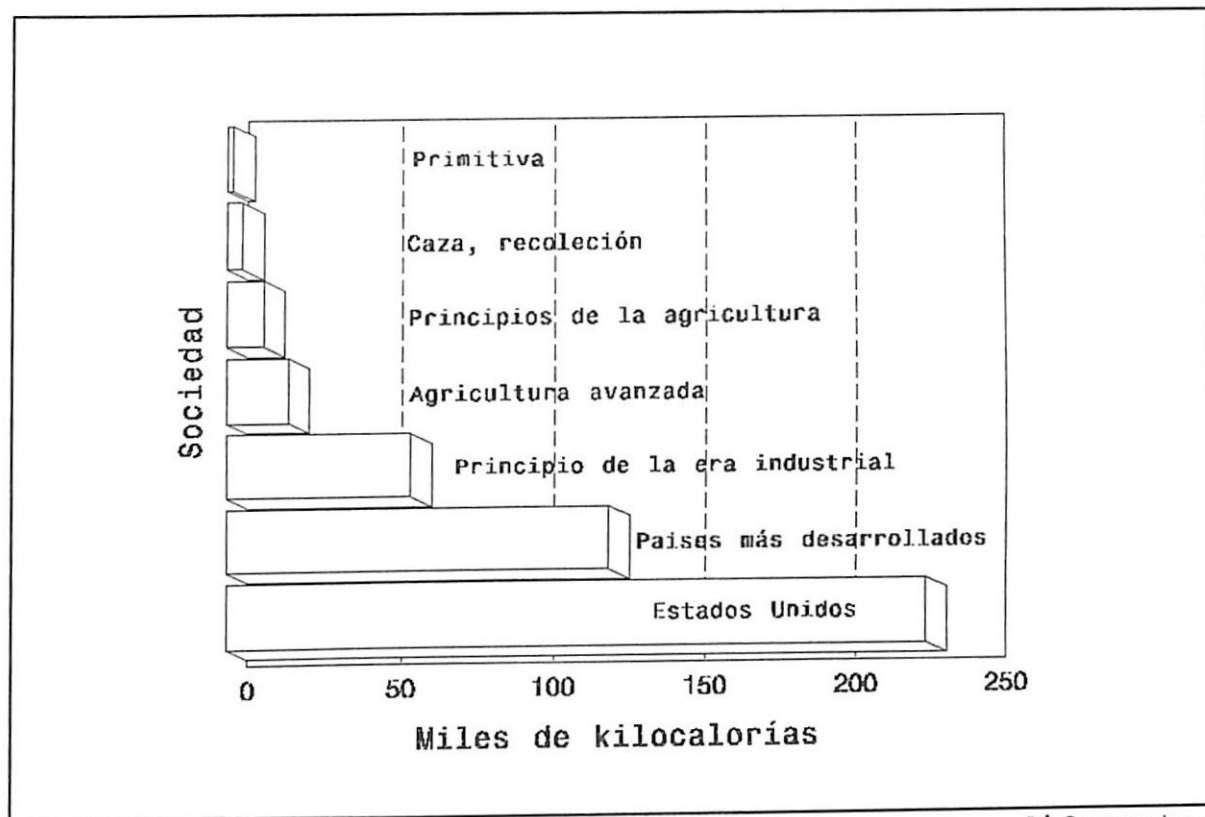


Figura 9.4 Consumo de energía por el humano en diferentes épocas (Miller 1997).

gente que recolecta leña, estiércol o desechos de cultivo. La mayoría de la energía comercial proviene de la extracción y quema de los combustibles fósiles. En promedio, en los países menos desarrollados representa el 59% y en los más desarrollados hasta el 90% de la fuente energética (Fig. 9.5) (Miller 1997), sin embargo, el 25% de la energía comercial mundial es usada por los Estados Unidos a pesar de que solo representa el 4.6% de la población mundial. Otras fuentes de energía comercial son la energía nuclear (5%), energía solar, geotérmica e hidroeléctrica (7%) y biomasa (3%) (Chiras 1991; Miller 1997).

El uso del combustible fósil puede ser dividido en cuatro categorías principales: (Nebel 1987).

- 1.- Transporte.
- 2.- Procesos industriales.
- 3.- Calentamiento y enfriamiento de agua y espacios.
- 4.- Generación de energía eléctrica.

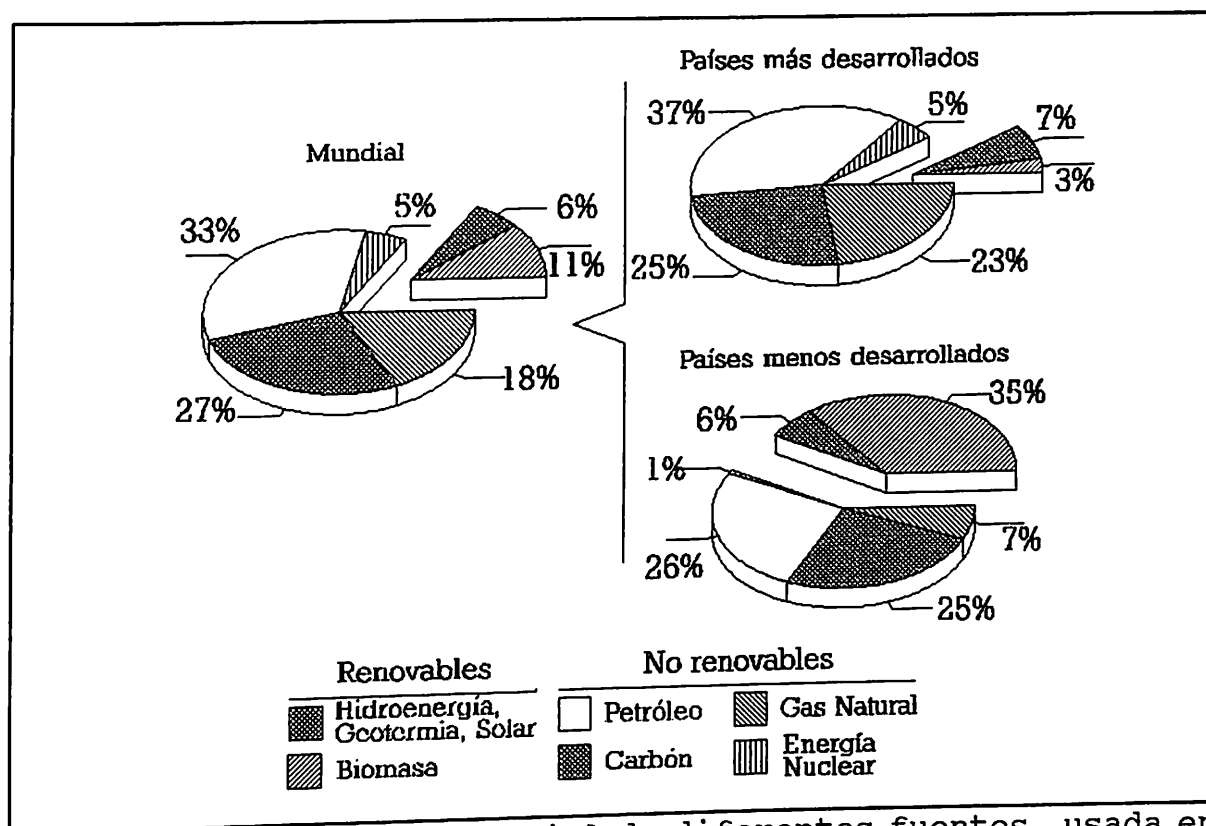


Figura 9.5 Energía comercial de diferentes fuentes, usada en 1991 por el mundo, países más desarrollados y países menos desarrollados (Miller 1997).

Desafortunadamente todo uso de combustibles produce una o mas formas de contaminación, entre las que debe recalcarse la contaminación por CO_2 como resultado del uso de carbón, petróleo y biomasa, con el consecuente efecto de invernadero, tal y como se detalló en el capítulo de aire. Además debe considerarse la contaminación por derrames de petróleo y por la actividad nuclear, aspectos que se describen a continuación.

El petróleo ya sea crudo o refinado, constituye un contaminante tanto en tierra como en el agua. A pesar de que parte del petróleo contaminante proviene de accidentes tales como rupturas de ductos, explosiones en pozos y choque o hundimiento de barcos tanque en los oceanos, se estima que aproximadamente la mitad del contaminante proviene de fuentes continentales y tanto como el 10% de la atmósfera (Miller 1997)

Como ya se señaló, la energía nuclear como fuente alternativa de combustible además del problema para eliminar los desechos radiactivos ha producido verdaderas catástrofes

ecológicas en aquellos lugares en donde se han presentado accidentes en las plantas nucleares (Chiras 1991; Cutter et al. 1991; Lenssen 1991; Miller 1997; Nebel 1987).

CONSERVACION

La conservación de la energía se basa en usar menos de los recursos energéticos no renovables (combustibles fósiles) o usarlos mas eficientemente. La reducción en el uso de esos combustibles se puede alcanzar mediante estrategias de eficiencia en el uso y mediante el desarrollo del uso de energéticos renovables (Brookins 1981; Miller 1997; Owen 1985). Entre los medios para incrementar la eficiencia deben señalarse el diseño de edificios (habitacional y comercial) y de motores (vehículos, calefacción, y refrigeración) que eviten pérdidas y requieran menos cantidades de combustible), el incremento en el uso de transportación pública que supla el uso individual de vehículos (Chandler 1985).

Entre los energéticos alternativos destaca la energía solar mediante la cual se puede reducir hasta en un 80% el uso de los combustibles que a la fecha se usan para el acondicionamiento de edificios (Flavin y Lenssen 1990; 1991; Miller 1997), sin embargo también deben considerarse las fuentes geotérmicas de energía (Cutter et al. 1991) y la energía eólica que ha adquirido mayor importancia como consecuencia del diseño de turbinas cada vez mas eficientes (Nebel 1987).

LEGISLACION

En materia de energía la LGEEPA establece los criterios generales para proteger el ambiente por la realización de obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento de los recursos naturales energéticos o para generar y transmitir electricidad. En materia de energía nuclear, dispone los lineamientos para que las actividades relacionadas con la misma se lleven a cabo con apego a normas de

seguridad nuclear, de manera que se eviten riesgos a la salud humana y al equilibrio ecológico. Además del ruido y la energía térmica, la LGEEPA incluye otros contaminantes no señalados en este capítulo (vibraciones, energía térmica y lumínica), en relación a los cuales prohíbe las emisiones en cuanto rebasen los límites máximos contenidos en las normas técnicas ecológicas que para ese efecto expida la Secretaría de Salud. Además dispone que en la construcción de obras o instalaciones que generen estos contaminantes deberán de llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar sus efectos nocivos (LGEEPA 1994).

EDUCACION

Los programas de educación ambiental pertinentes al uso de energéticos deberán concentrarse en las ciudades debido a que es allí en donde se produce tanto el mayor consumo de energéticos, como la mayor contaminación como producto de ese uso. Puntos focales son la reducción en el uso de vehículos y su contraparte el mayor uso de transporte público, así como la adecuación de horarios de uso de luces públicas.

LITERATURA CITADA

- Brewer, R. 1994. The science of ecology. 2 ed. Saunders College Publishing. New York.
- Castillon, D.A. 1992. Conservation of natural resources: A resource management approach. WCB Publishers. Dubuque, IA.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science: Action for a sustainable future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, Ca.
- Cutter, S.L., H.L. Renwick, W.H. Renwick. 1991. Exploitation, conservation, preservation: a geographic perspective on natural resource use. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Dasmann, R.F. 1976. Environmental Conservation. 4 ed. John

Wiley & Sons. New York.

- Eckholm, E. 1975. The other energy crisis: firewood. Worldwatch Paper 1. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Ehrlich, P.R. and A.H. Ehrlich. 1990. The population explosion. Touchstone, Simon & Schuster Inc. New York.
- Flavin, C. 1982. Electricity from sunlight: the future of photovoltaics. Worldwatch Paper 52. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Flavin, C. 1983. Photovoltaics: international competition for the sun. Environment 25(3):7.
- Flavin C. 1989. Slowing global warming: a worldwide strategy. Worldwatch Paper 91. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Flavin C. and N. Lenssen. 1990. Beyond the Petroleum Age: designing a solar economy. Worldwatch Paper 100. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Hubbard, H.M. 1989. Photovoltaics today and tomorrow. Science 244:197-304.
- Larcher, W. 1983. Physiological plant ecology. 2 ed. Springer-Verlag. Berlin.
- Lieth, H. and R.H. Whittaker (eds). 1975. Primary productivity of the biosphere. Ecological studies 14. Springer-Verlag. New York.
- McMullan, J.T., R. Morgan and R.B. Murray. 1977. Energy resources. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Miller, G.T. Jr. 1994. Living in environment: principles, connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental science: working with the earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Myers, N. (ed). 1984. Gaia: an atlas of planet management. Anchor Books / Doubleday, New York.
- Nebel, B.J. 1987. Environmental Science: the way the world works. 2 ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1993. Environmental Science: the way the world works. 4 ed. Prentice Hall, Englewood

Clifts, New Jersey.

Nebel, B.J. and R.T. Wright. 1996. Environmental Science: the way the world works. 5 ed. Prentice Hall, Englewood Clifts, New Jersey.

Odum, E.P. 1959. Fundamentals of ecology. 2 ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia.

Postel, S. 1994. Carrying capacity: Earth's bottom line. In: L.R. Brown, et al. State of World 1994. A World-watch Institute report on progress toward a sustainable society. W.W. & Norton Company, Inc. New York. pp. 3-21.

Ricklefs, R.E. 1993. The economy of nature. 3 ed. W.H. Freeman. New York.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1985. Plant physiology. 3 ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, Ca.

Smith, R.L. 1986. Elements of ecology. 2 ed. Harper & Row, Publishers. New York.

Turk, A., J. Turk and J.T. Wittes. 1972. Ecology, pollution, environment. W.B. Saunders Company. Philadelphia. Pa.

Turk, A., J. Turk, J.T. Wittes, and R.E. Wittes. 1981. Tratado de ecología. 2 ed. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México.

Vitousek, P.M., P.R. Ehrlich, A.H. Ehrlich and P.A. Matson. 1986. Human appropriation of the products of the photosynthesis. BioScience 36:368-373.

Whittaker, R.H. 1975. Communities and ecosystems. 2 ed. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.

Whittaker, R.H. and G.E. Likens (eds). 1973. The primary production of the biosphere. Human Ecology 1(4):299-369.

10. BIOMA PASTIZAL

DEFINICION

Pastizal es un terreno de abundante pasto y este último vocablo tiene varias acepciones: a) acción de pastar, b) hierba que el ganado paca en el mismo terreno donde se cría, y c) cualquier cosa que sirve para el sustento del animal (RAE 1984). Pastizal ha sido definido como aquellas tierras que producen forraje nativo para el consumo por animales y aquellas tierras que han sido revegetadas natural o artificialmente para proveer una cubierta de forraje que se maneja como vegetación nativa a través del apacentamiento. Generalmente se considera que pastizal es una tierra que no se cultiva (Huss et al. 1964).

En México se ha aplicado indebidamente el término *pastoréo* para referirse al apacentamiento. *Pastorear* es llevar los ganados al campo y cuidar de ellos mientras pacen (RAE 1984), e implica por lo tanto la presencia de un pastor. *Apacentar* o *pacer* es, literalmente, comer el ganado la hierba en los campos, prados, montes y dehesas (RAE 1984), técnicamente, sin embargo, el concepto debe adecuarse al manejo de pastizales de tal manera que incluya a los animales silvestres. Se refiere al consumo del **forraje en pie** por los animales (Allen et al. 1991; Jacoby et al. 1989; Kothmann et al. 1974) y consiste en consecuencia en el proceso mediante el cual los animales domésticos y silvestres consumen plantas para adquirir energía y nutrientes (Briske y Heitschmidt 1991), es decir, el proceso mediante el cual obtienen su alimento.

Otro término que debe considerarse es *ramonear*, consistente en *pacer* los animales las hojas y las puntas de las

ramas (RAE 1984). Técnicamente, sin embargo, es preferible distinguir entre el consumo que hacen los animales de las ramas y de las hojas y referirse al primero como ramoneo y al último como apacentamiento ya que no todos los animales que comen forraje de arbustos o árboles consumen tanto las hojas como las ramas.

De lo anterior se deduce que a los animales que consumen plantas herbáceas y/u hojas de arbustos son apacentadores, mientras que los que comen las ramas son ramoneadores, sin embargo, también se usa el término apacentar en un sentido genérico para referirse en general al proceso de obtención de alimentos por los animales y en ese sentido incluye tanto al apacentamiento propiamente dicho como al ramoneo (Vallentine 1990). Para evitar esa dualidad algunos autores aplican el término herbivoría (Briske y Heitschmidt 1991; Crawley 1983; Howe y Westley 1988) para expresar el consumo de plantas por animales de tal manera que incluye tanto el consumo de material herbáceo como el de material leñoso. Aquí se toma el término apacentamiento en su sentido amplio por lo que se considera que es sinónimo de herbivoría.

Con el paso del tiempo, se amplió el concepto de pastizal de tal manera que se redefinió como aquellas áreas del mundo que por razones de limitaciones físicas como escasa y errática precipitación, topografía abrupta, drenaje deficiente y temperaturas extremas, no son adecuadas para el cultivo, pero que constituyen la fuente de forraje para animales domésticos y silvestres (Stoddart et al. 1975). Esta definición es tan amplia que concuerda con aquella acepción del término que presenta al pastizal como cualquier cosa que sirve para el sustento del animal por lo que incluye cualquier tipo de vegetación que proporcione alimento y sustento al ganado y a los animales silvestres. Por no ser propicio para el cultivo constituye la fuente más barata de forraje, de tal manera que la herbivoría es el proceso esencial que caracteriza a los pastizales (Holechek et al. 1989).

En algunas ocasiones se ha incurrido en el error de limitar el concepto de pastizal a aquellas áreas dominadas por vegetación graminiforme, sin embargo, ni literaria (RAE

1984), científicamente (Font Quer 1965) se puede considerar que pasto sea exclusivamente un componente de las gramíneas. Aún más, para referirse a una área dominada por gramíneas debe usarse el vocablo zacatal. De origen nahuatl, el término zacate, como ningún otro en el idioma castellano se refiere en forma precisa al tipo biológico de una gramínea (Rzedowski 1966).

Con el fin de redondear el concepto de pastizal hay que agregar tres características que le son definitorias: los pastizales son tierras extensivas (Blaisdell et al. 1970), de baja productividad potencial (Stoddart 1967) que constituyen el residual que queda después de que las áreas más productivas han sido convertidas a usos de mayor valor económico (Upchurch 1963) y comprenden, considerados como un ecosistema, otros componentes como el fuego, la fauna silvestre y las actividades del humano, todo bajo el concepto de uso múltiple (Holecheck et al. 1989).

Los pastizales abarcan desde lo que se conoce como desierto hasta las áreas de bosque abierto en las que se puede combinar el apacentamiento con el uso forestal, pasando por muchos tipos de vegetación como el zacatal y el matorral. Se encuentran diseminados por todos los continentes y reciben nombres según el lugar: "el cinturón de chernozem" en el Sur de Rusia, las "praderas" en Canadá y Norte de los Estados Unidos, los "llanos" de Venezuela y Colombia, las "sábanas" de Africa y la "tundra" cerca del casquete polar (Blydenstein 1967; Klein 1970; Schultz 1969; Stoddart et al. 1975).

Independientemente del lugar en el que se encuentren se reconocen tres tipos de pastizales: nativo, introducido e inducido (Holechek et al. 1989). Pastizal nativo es aquel en el que la vegetación está compuesta por las especies originales de la región. Implica la ausencia de la intervención del humano, o un manejo tan bien llevado desde sus principios que la vegetación nativa persiste a pesar del transcurso del tiempo. Pastizal inducido es aquel en el que la vegetación nativa ha sido substituida por otra, debido a una intervención del humano pero en la cual la vegetación que ocupa el lugar de la nativa incurrió por sí misma a la región. Usualmente implica que la intervención del humano es mediante

mecanismos naturales tales como el apacentamiento. Pastizal introducido es aquel que ha sido creado por intervención directa del humano e implica la substitución de un pastizal nativo, inducido o denudado por especies que no se encontrarían ahí bajo condiciones normales, es decir, que han sido introducidas por el humano. Usualmente la introducción de especies conlleva la aplicación de técnicas agronómicas, sin embargo, solo recientemente se ha tomado en consideración que al introducir especies ajenas a una región se eliminan las barreras naturales de dispersión y en consecuencia se alteran los ecosistemas de pastizal a tal grado que esos cambios pueden resultar irreversibles (Coblentz 1990; Vitousek 1990). Ejemplos clásicos son la introducción de roedores en Australia y la introducción del zacate buffel en el norte de México que una vez establecidos se ha propagado por si mismos a otras áreas de tal manera que compite con las especies nativas tanto por agua como por nutrientes (Cox et al. 1988; Bush y Van Auken 1989; Davis y Mooney 1985). Como producto de lo anterior se afectan las especies fundamentales y como consecuencia se altera la biodiversidad del pastizal (West 1993).

Con fundamento en todo lo antes señalado, se presenta la siguiente definición de pastizal: áreas de baja productividad potencial, debido a limitaciones físicas y por lo tanto, no adecuadas para el cultivo. Incluyen cualquier tipo de vegetación que se utilice extensivamente a través del apacentamiento de animales domésticos y silvestres y además, constituyen fuentes vitales de productos minerales, agua, fauna silvestre y recreación.

En México se ha usado el término agostadero como sinónimo de pastizal pero esto es incorrecto ya que éste se refiere al sitio donde agosta el ganado durante la seca en rastrojeras o dehesas (RAE 1984). De acuerdo con este señalamiento, agostadero se refiere a tierras destinadas al cultivo y por definición no es un pastizal. Por otro lado debe distinguirse al pastizal de la pradera ya que ésta es una área en la que se han establecido plantas pratenses, entendiendo por plantas pratenses aquellas capaces de rebrotar después de ser cortadas por el diente del animal o

por el filo de la cegadora (Voisin 1974). Una pradera es un potrero generalmente cercado, con relativa alta capacidad de sostenimiento (de Alba 1971). Se caracteriza en general, por ser áreas pequeñas establecidas por el humano por medio de técnicas agronómicas como siembra, fertilización, y sobre todo riego, por lo que se puede dar a estas áreas un uso intensivo (Bell 1973; Stoddart 1967). A pesar de que a cualquier pradera establecida y mantenida por técnicas agronómicas se le suele denominar **pradera cultivada** (Lewis 1969; Booysen 1981), resulta pertinente distinguir dentro de éstas, a las **praderas irrigadas** (Chessmore 1979) ya que algunas praderas persisten sin irrigación y aun así pueden ser utilizadas intensivamente (Lewis 1969).

En tiempos recientes ha surgido el concepto de "pastizales tropicales" sin embargo, éste resulta vago pues por un lado se aplica a áreas tropicales y subtropicales con precipitación errática (NRC 1990), conocido en México como trópico seco y por otro lado se aplica a áreas que resultan de los procesos de deforestación en áreas selváticas con el subsecuente establecimiento de gramíneas para producir ganado. Aunque la tasa de deforestación varía regionalmente se ha estimado que oscila entre 165 y 188 mil has./año (Toledo *et al.* 1989). Como consecuencia la ganadería tropical, principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche se ha convertido en la más productiva en México (Flores y Gerez 1988), no obstante, la vegetación potencial en éstas áreas ha sido completamente eliminada y a pesar de que pueden presentar características limitantes en los suelos, se usan de manera intensiva y resulta cuestionable si se les puede considerar como pastizales. En cambio podría describirseles como **praderas inducidas o introducidas** dependiendo del origen de las especies que la componen.

Resulta de gran importancia señalar que en el Reino Unido se presenta una situación comparable. La mayor parte de la vegetación en Inglaterra, Irlanda y Gales ha sido modificada mediante tala propiciándose el establecimiento de vegetación graminiforme para ser aprovechada mediante el apacentamiento de animales domésticos, por lo que también puede ser considerada como praderas inducidas. A pesar de que

el entorno en esa región es contrastante con el que impera en el trópico, los mismos principios eco-fisiológicos que se aplican para el manejo de pastizales son válidos para las praderas inducidas (Shaw y Bryan 1976), independientemente de que éstas sean tropicales o templadas.

Por definición, el pastizal incluye a las tierras boscosas que en su estrato inferior mantienen una cobertura de plantas herbáceas y/o arbustivas que pueden dar sustento a herbívoros (Currie *et al.* 1978; Roché 1983; Sampson 1952; Smith 1967), sobre todo en bosques viejos que se esta característica se tornan abiertos (Stoddart *et al.* 1975). Por otro lado, cuando un bosque es talado como respuesta natural inmediata se presenta una comunidad dominada por herbáceas en su mayoría graminiformes y se constituye, aunque sea temporalmente, en un zacatal cuyo mejor uso depende globalmente considerado de la herbivoría. Lo mismo sucede cuando se aplica apacentamiento en bosques con diversos tratamientos de aclaréo (Currie 1975; Grelén *et al.* 1972; Lundgren *et al.* 1983; McConnell y Smith 1970).

La combinación de aclaréo y quema ha producido buenos resultados sobre todo utilizando animales silvestres como herbívoros (Halls y Alcaniz 1971), sin embargo, cuando se restablecen bosques de segundo crecimiento, las densidades de animales suelen declinar (Halls y Crawford 1960). En conjunto todo lo anterior hace que el bosque incremente su rentabilidad cuando se combina el uso silvícola con la producción animal (Sampson 1952; Lundgren *et al.* 1983).

PASTIZAL Y USO POTENCIAL DE LA TIERRA.

Se mencionó con anterioridad que pastizales son tierras de baja productividad potencial y que no son susceptibles de usarse a través del cultivo, por lo que la definición y delimitación del pastizal están íntimamente ligados con el concepto de uso de la tierra. Las técnicas agronómicas tales como la mecanización, el uso de variedades mejoradas y la aplicación de fertilizantes son el fundamento de la agrono-

mía, pero para que sean efectivas se requiere que se les aplique de conformidad con el uso potencial de la tierra. Ninguna técnica hará posible un buen cultivo para rehabilitación del pastizal si las condiciones del suelo no son las adecuadas para ese cultivo y ningún trabajo mecánico puede prevenir la erosión cuando la causa de la erosión es abrir al cultivo tierras que no son apropiadas para ello (Hudson 1971). El problema radica en no dar a la tierra el uso adecuado ya que en muchos casos, tierras que solamente deberían usarse como pastizales reciben usos mas intensos y al abrirse al cultivo se les expone a destrucción mediante erosión.

Con el objeto de abundar se retoma aquí la definición de tierra presentada en el artículo pertinente, como aquella área específica de la superficie terrestre cuyas características comprende todos los atributos estables o predeciblemente cíclicos de la biosfera, mismos que se encuentran verticalmente arriba y abajo de esa área, incluyendo la atmósfera, el suelo, y la roca subyacente, la topografía, el agua y las poblaciones de plantas y animales que resultan de las actividades pasadas y presentes del humano, en la medida que todos esos atributos ejerzan influencia significativa sobre los usos presentes y futuros que el humano le pueda dar a esa tierra (Vink 1975). Esta definición resulta notablemente compatible con la de ecosistema en cuanto a que considera la integración de los elementos que la conforman, pero al incluir la actividad del humano y su efecto en el consecuente uso de la misma también puede equipararse al concepto de paisaje (Vink 1975).

La tierra en el contexto anterior se distingue y clasifica de acuerdo con la vegetación potencial que produce de manera natural, por ejemplo el zacatal, la selva tropical o el bosque templado. Por otro lado, el uso de la tierra es cualquier tipo de intervención humana, cíclica o permanente que se lleva a cabo para satisfacer las necesidades humanas a partir de el complejo de recursos naturales y artificiales que en conjunto se conocen como tierra (Vink 1975). Es decir, el uso de la tierra es la aplicación de controles humanos en una forma relativamente sistemática a los elementos clave de

cualquier ecosistema con el fin de obtener beneficios de él. El apacentamiento, como ejemplo, es un uso de la tierra que se puede aplicar en un zacatal o en un bosque, así como en áreas cuya vegetación ha sido modificada por el humano como en el caso de las praderas inducidas o introducidas en el trópico o en áreas templadas.

De acuerdo al sistema de clasificación usado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.) (Hockensmith y Steele 1949; Klingebiel y Montgomery 1961), la tierra se clasifica en ocho clases, de las cuales cuatro son aptas para el cultivo y las otras cuatro no lo son. Esta clasificación, en consecuencia, concuerda con la definición clásica de pastizal (Stoddart et al. 1975), en el sentido de que los pastizales son áreas no susceptibles de cultivarse y se puede concluir que pastizal, tal como quedó conceptualizado antes, incluye las clases V a la VIII (ver Fig 5.2), de tal manera que no solo comprende las tierras que pueden usarse mediante el apacentamiento sino también aquellas que constituyen hábitat para la fauna silvestre y aquellas áreas que son base para el ciclo hidrológico. Por otro lado, mediante esta clasificación puede subrayarse la importancia de no abrir las áreas de pastizal a la agricultura por el incremento que eso ocasiona en el potencial de erosión.

USO E IMPORTANCIA

La importancia de los pastizales y por lo tanto de aplicar estrategias adecuadas de manejo se pueden apreciar por varios motivos:

- 1) La gran superficie que comprende el ecosistema pastizal. Semple (1951) señala que de la superficie mundial, 20% son pastizales, sin embargo, al hacer esa determinación no tomó en consideración que muchos de los bosques, los desiertos y la tundra pueden catalogarse como pastizales. Otra estimación (Williams et al. 1968) ha señalado que el 47% de la superficie no cubierta por agua cae dentro de la clasificación de pastizal, con 10% correspondiendo a tierras cultivables, 28% a bosques y 15% a tierras cubiertas por

hielo, agua y zonas urbanas.

2) Debido a que el pastizal es la fuente más barata de forraje aquellos animales que se engorden en praderas o corrales tendrán que provenir de los pastizales, por lo que el pastizal se convierte en el cimiento de toda la explotación pecuaria de carne. Se estima (Williams et al. 1968) que los animales domésticos completan el 75% de sus requerimientos de forraje a través del apacentamiento en tierras de pastizales. Como ya se ha señalado (Holechek et al. 1989), la herbivoría es el proceso esencial que caracteriza a los pastizales, con el manejo de la interfase planta/animal (manejo del apacentamiento) definiendo el meollo del manejo de pastizales como profesión (Lewis 1969).

3) Las enormes extensiones de los pastizales hacen las veces de cuencas hidrológicas que reciben la precipitación pluvial mediante la cual se reabastecen o recargan los mantos acuíferos. Un pastizal bien manejado constituye la clave para tener cuencas productivas que suministren agua tanto para la agricultura y ganadería, como para las ciudades e industrias. Mantener al pastizal en buena condición resulta de vital importancia para la conservación del recurso agua, evitando que el ciclo hidrológico sufra cualquier tipo de desbalance (Branson et al. 1981). Los requerimientos de agua en el futuro aumentarán considerablemente como consecuencia del constante incremento poblacional y se prevee que en un futuro cercano constituirá una de las mayores limitantes para la humanidad (Box 1990; Chiras 1991; Miller 1993), por lo que el pastizal adquirirá cada vez mayor importancia como fuente de agua y por la conversión forzosa de áreas de cultivo a pastizal debido al agotamiento de las fuentes subterráneas de que anteriormente sirvieron para regar esas áreas (Cox et al. 1983).

4) El pastizal constituye el hábitat de numerosas especies de fauna silvestre. La postura que consideraba a la fauna como un elemento independiente del pastizal fue tan rebatida desde hace ya varios años (Davis 1961) que en la actualidad se considera a la fauna silvestre como un integrante del pastizal cuya importancia se equipara a la del ganado. Lo anterior se considera tanto desde la perspectiva

económica debido a que la venta de permisos de cacería constituyen un ingreso que incluso excede el obtenido por la producción de animales domésticos (Box 1990; Ramsey 1965), como desde la perspectiva ecológica debido a que la conservación del hábitat es la mejor manera de garantizar la sobrevivencia de las especies fáunicas, por lo que es esencial integrar los principios del manejo de fauna al manejo de pastizales.

5) El concepto de uso múltiple del pastizal adquiere cada día mayor importancia ya que la producción de forraje como objetivo central se complementa con usos tales como la recreación tanto en áreas manejadas como en áreas naturales protegidas (Box 1990; Hendee et al. 1978; Huntsinger y Hopkinson 1996; Jubenville 1978; Knudson 1980; McCall y McCall 1977). Lo pertinente a áreas naturales y sus usos se tratará posteriormente en el capítulo 13.

El uso científico del pastizal se enmarca dentro de la ciencia de pastizales y su aplicación conocida como manejo de pastizales que puede definirse como la ciencia fundada sobre principios ecológicos de planear y dirigir el uso, mejoramiento y rehabilitación del pastizal de tal manera que se obtenga un estado de equilibrio que permita la producción animal, vegetal, edáfica, fáunica, hidrológica, mineral y de recreación, así como la conservación de áreas naturales.

Considerando lo anterior hay que enfatizar que los pastizales son áreas que no deben cultivarse ni siquiera temporalmente (Dyksterhuis 1972) y cuyos métodos de manejo son estrictamente ecológicos (Dyksterhuis 1955). Un alto grado de control humano sobre los ecosistemas pastizal o no es posible o no es económico, de lo contrario se convierten en tierras de cultivo y dejan de ser pastizales, los cuales tienen que manejarse con métodos ecológicos extensivos en contraste con los métodos intensivos que son de naturaleza agronómica (Lewis 1969). Económicamente, al servir de base para la industria pecuaria, el pastizal se convierte además en la fuente de lana, de piel para la industria del zapato y para leche tanto de bovino como de cabra (Cutter et al. 1991), como fuente de plantas ornamentales cuya venta adquiere cada día mayor importancia (Steger y Beck 1973).

BIOTA

Por definición pastizal incluye cualquier tipo de vegetación que proporcione alimento y sustento al ganado y a los animales silvestres. Por no ser propicio para el cultivo constituye la fuente más barata de forraje, por lo que no se limita a aquellas áreas dominadas por vegetación graminiforme, a las cuales se debe referir como zacatales, sino que incluye diversos tipos de matorrales con numerosas especies de arbustos e incluso áreas boscosas que se usan mediante apacentamiento, así como la tundra (Holechek et al. 1998). Como bioma, heterogéneo, complejo y extenso, el pastizal es un recurso que se convierte en importante fuente de biodiversidad (Box 1990) que comprende innumerables especies vegetales y animales, entendiendo por biodiversidad la diversidad de especies o diversidad biológica (Heady y Child 1994).

Como diversidad de especies la biodiversidad se considera como una función del número (riqueza o abundancia) de especies y la abundancia relativa (uniformidad o equidad) de las mismas (Hulbert 1971; Lloyd y Ghelardi 1964; Peet 1974), no obstante, los índices de biodiversidad son difíciles de interpretar y necesitan mayor refinamiento para poder ser aplicados con utilidad en manejo de pastizales (Heady y Child 1994; Magurran 1988). Conceptualmente sin embargo, la biodiversidad es de enorme importancia debido a que se ve afectada por el uso inadecuado de ese recurso, tal y como ha sucedido con la extensa y severa invasión de zacatales por arbustivas leñosas (Archer 1995; Archer et al. 1988; Smeins 1983) y sobre todo por la introducción de especies extrañas o exóticas que compiten y tienen el potencial para eliminar a numerosas especies nativas (West 1993). En general se considera que la diversidad de especies conlleva mayor estabilidad y resiliencia de los pastizales (Brown y Ewell 1988).

CONSERVACION

En condiciones naturales los pastizales mantenían equilibrio entre las poblaciones animales y vegetales y entre éstas y el suelo, tal y como sucedía entre el bisonte y los zacatales, o el venado y los matorrales, sin embargo, en su búsqueda de progreso el humano ha alterado esas circunstancias mediante la aplicación de estrategias agronómicas de intensificación de uso como el cerco ganadero y la domesticación. Además, con el transcurso del tiempo, y como consecuencia de las migraciones de grupos humanos, éstos han transportado consigo, intencional o accidentalmente, numerosas especies vegetales y animales de unas áreas geográficas a otras alterando la composición natural de las comunidades.

Como efecto de la intensificación en el uso de los pastizales se ha incrementado cada vez más el número de animales por área, excediéndose en muchos casos la capacidad de carga y esto ha traído como consecuencia un **sobreapacentamiento** (Cutter et al. 1991; Heady y Child 1994; Heitschmidt y Stuth 1991) que produce impactos negativos tanto sobre la vegetación y fauna como sobre el suelo y la hidrología (Holechek et al. 1998). El efecto del sobreapacentamiento sobre la vegetación se traduce en la invasión por especies menos productivas en términos de forraje, de tal manera que unas poaceas son substituidas por otras y después éstas son substituidas por árboles o arbustivas leñosas (Arnold et al. 1964; Buffington y Herbel 1965; Burkhardt y Tisdale 1969; Cottam 1929; Cottam y Stewart 1940; Johnsen 1962; Miller 1921; Springfield 1976) o por cactáceas (Branson et al. 1981; Holechek et al. 1998).

La degradación del pastizal, se expresa en términos de **condición del pastizal**, definida como la composición de un pastizal en relación con su clímax o vegetación potencial (Lauenroth y Laycock 1989). En última instancia la degradación de los pastizales ha contribuido substancialmente a la desertificación como proceso antropogénico (Cutter et al. 1991; Heady y Child 1994, Heitschmidt y Stuth 1991) y su conservación depende de la aplicación científica de sistemas de uso adecuados. Las estrategias de manejo que redundan en

sobreutilización y deterioro de los pastizales han sido cuestionadas en el contexto de la sustentabilidad de los ecosistemas (Box 1995; Brunson y Steel 1996; Heitschmidt et al. 1996; Holechek et al. 1994; Huntsinger y Hopkins 1996; Vavra 1996), buscándose una mayor sensibilidad ecológica. En general mas de la mitad de los pastizales privados en los Estados Unidos se encuentran en condición no satisfactoria y en consecuencia requieren algún tratamiento para su conservación (Box 1990; Cutter et al. 1991; Miller 1997; SCS 1987), en México el 84% está en mala condición (González 1984).

LEGISLACION

En otros países el uso de tierras públicas o federales de pastizales están reguladas por diversas actas. En México el primer intento por legislar el pastizal fue la creación en 1966 de la COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de Coeficientes de Agostadero) para contar con bases técnicas para determinar la superficie legal de la propiedad ganadera en México (González 1984). A pesar de haberse realizado varios intentos para reglamentar el apacentamiento (pastoréo) (Beltrán 1955), en México solo el Estado de Durango ha instituido una Ley que Regula el Aprovechamiento Técnico de los Pastizales (Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Durango 1975).

LITERATURA CITADA

- Allen, V.G. (Chair). 1991. Terminology for Grazing Lands and Grazing Animals. The Forage and Grazing Terminology Committee. Pocahontas Press, Inc., Blacksburg.
- Archer, S. 1995. Tree-grass dynamics in a *Prosopis*-thorns-crub savanna parkland: Reconstructing the past and predicting the present. *Ecoscience* 2: 83-99.
- Archer, S., C. Scifers, and C.R. Bassham. 1988. Autogenic succession in a subtropical savanna: conversion of grassland to thorn woodland. *Ecol. Monog.* 58: 111-127.

- Arnold, J.F., D.A. Jameson, and E.H. Reid. 1964. The pinyon-juniper type of Arizona: Effects of grazing, fire, and tree control. USDA Prod. Res. Rep. No. 84.
- Bell, H. M. 1973. Rangeland Management for Livestock Production. University of Oklahoma Press. Norman.
- Beltrán, E. 1955. Los Recursos Naturales de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México.
- Blaisdell, J.P., V.L. Duvall, R.W. Harris, R.D. Lloyd, and E. D. Reid. 1970. Range Reasearch to Meet New Challenges and Goals. J. Range Manage. 23: 227-234.
- Blydenstein, J. 1967. Tropical Savanna Vegetation of the Llanos of Colombia. Ecol. 48: 1-15.
- Booyesen, P. de V. 1981. The Establishment of Cultivated Pastures. In: Tainton, N.M. (ed.). Veld and Pasture Management in South Africa. University of Natal Press. Pietermaritzburg.
- Box, T.W. 1990. Rangelands. In: Sampson, R.N., and D. Hair. (eds.). Natural Resources for the 21st Century. Island Press. Washington. Ch. 5. pp. 101-120.
- Box, T.W. 1995. A viewpoint: Range management and the tragedy of the commons. Rangelands 17: 83-85.
- Branson, F.A., G.F. Gifford, K.G. Renard, and R.F. Hadley. 1981. Rangeland Hidrology (2 ed.). SRM Range Science Series. No. 1. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque.
- Briske, D.D., and R.K. Heitschmidt. 1991. An Ecological Perspective. In: Heitschmidt, R.K., and J.W. Stuth. (eds.). Grazing Management. Timber Press. Portland. pp. 11-26.
- Brown, B.J., and J.J. Ewel. 1988. Response to defoliation of species-rich and monospecific tropical plant communities. Oecologia 75: 12-19.
- Brunson, M.W., and B.S. Steel. 1996. Sources of variation in attitudes and beliefs about federal rangeland management. J. Range Manage. 49: 69-75.
- Buffington, L.C., and C.H. Herbel. 1965. Vegetational changes on a semi-desert grassland range 1858 to 1963. Ecol. Monog. 35: 139-161.
- Burkhardt, J.W., and E.W. Tisdale. 1969. Nature and successional status of western juniper vegetation in

- Idaho. J. Range Manage. 22: 264-270.
- Bush, J.K., and O.W. Van Auken. 1989. Soil resource levels and competition between a woody and herbaceous species. Torrey Bot. Club Bull. 116: 22-30.
- Chessmore, R.A. 1979. Profitable Pasture Management. The Interstate Printers & Publishers, Inc. Danville.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science. (3 ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City.
- Coblentz, B.E. 1990. Exotic organisms: a dilemma for conservation biology. Conser. Biol. 4: 261-65.
- Cottam, W.P. 1929. Man as a biotic factor illustrated by recent floristic and physiographic changes at the mountain meadows, Washington County, Utah. Ecology 10: 301-303.
- Cottam, W.P., and G. Stewart. 1940. Plant succession as a result of grazing and of meadow desiccation by erosion since settlement in 1862. J. Forestry 38: 613- 626.
- Cox, J.R., M.H. Martin, F.A. Ibarra, Fourie, J.H., and N.F. Rathman. 1988. The influence of climate and soils on the distribution of four african grasses. J. Range Manage. 41: 127-138.
- Cox, J.R., H.L. Morton, J.T. Labaume, and K.G. Renard. 1983. Reviving Arizona's Rangelands. J. Soil Water Conserv. 38: 342- 346.
- Crawley, M.J. 1983. Herbivory. University of California Press. Berkeley.
- Currie, P.O. 1975. Grazing Management of Ponderosa Pine-Bunchgrass ranges of the Central Rocky Mountains: The Status of Our Knowledge. USDA Forest Service. Research Paper RM-159.
- Currie, P.O., C.B. Edminster, and F.W. Knott. 1978. Effects of Cattle Grazing on Ponderosa Pine Regeneration in Central Colorado. USDA Rocky Mountain Forest and Range Experiment station. Res. Paper RM-201.
- Cutter, S.L., H.L. Renwick, and W.H. Renwick. 1991. Exploitation, Conservation, Preservation. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Davis, R.B. 1961. Wildlife and range biology. A single problem. J. Range Manage. 14: 177-179.
- Davis, S.D., and H.A. Mooney. 1985. Comparative water

relations of adjacent California shrub and grassland communities. *Oecologia* 66: 522-529.

de Alba, J. 1971. Alimentación del Ganado en America Latina. 2a ed. La Prensa Médica Mexicana. México.

Dyksterhuis, E.J. 1955. What is Range Management? *J. Range Manage.* 8: 193-196.

Dyksterhuis, E.J. 1972. Past and Present of Range Management. In: Symposium Commemorating 25 Years. Range Science Department. Texas A & M University Press.

Flores, O. y P. Gerez. 1988. Conservación en México: Síntesis Sobre Vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. INIREB Xalapa, México.

Font Quer, P. 1965. Diccionario de Botánica. Editorial Labor S.A. Barcelona.

González, M.H. 1984. Historia de Manejo de Pastizales. In: Depto. Recursos Naturales Renovables. (ed.). Memorias del Primer Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. UAAAN-CONACYT. Saltillo.

Grelen, H.E., L.B. Whitaker, and R.E. Lohery. 1972. Herbage Response to Precommercial Thinning in Direct-Seeded Slash pine. *J. Range Manage.* 25: 435-437.

Halls, L.K., and R. Alcaniz. 1971. Forage Yields in an East Texas Pinehardwood Forest. *J. Forestry* 69: 25-26.

Halls, L.K., and H.S. Crawford, Jr. 1960. Deer-Forest Habitat Relationships in North Arkansas. *J. Wildlife Manage.* 24: 387-395.

Heady, H.F., and R.D. Child. 1994. Rangeland Ecology and Management. Westview Press. Boulder.

Heitschmidt, R.K., and J.W. Stuth. (eds.). 1991. Grazing Management. Timber Press. Portland.

Heitschmidt, R.K., R.E. Short, and E.E. Grings. 1996. Ecosystems, sustainability and animal agriculture. *J. Anim. Sci.* 74: 1395-1405.

Hendee, J.C., G.H. Stankey, and R.C. Lucas. 1978. Wilderness Management. U.S.D.A. Forest Service. Misc. Publ. No. 1365.

Hockensmith, R.D., and J.G. Steele. 1949. Recent trends in the Use of the Land-Capability Classification. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14: 383-388.

- Holechek, J.L., J. Hawkes, and T. Darden. 1994. Macro-economics and cattle ranching. *Rangelands* 16: 118-123.
- Holechek, J.L., R.D. Piepper, and C.H. Herbel. 1989. *Range Management. Principles and Practices*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Holechek, J.L., R.D. Piepper, and C.H. Herbel. 1998. *Range Management. Principles and Practices*. (2 ed.). Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Howe, H.F., and L.C. Westley. 1988. *Ecological Relationships of Plants and Animals*. Oxford University Press. New York.
- Hudson, N. 1971. *Soil Conservation*. Cornell University Press. Ithaca, N.Y. pp. 147-178.
- Hulbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586.
- Huss, D.L. (Chairman). 1964. *A Glossary of Terms Used in Range Management*. Range Term Glossary Committee. American Society of Range Management. Portland, Oregon.
- Huntsinger, L., and P. Hopkinson. 1996. Viewpoint: Sustaining rangeland landscapes: a social and ecological process. *J. Range Manage.* 49: 167-174.
- Jacoby, P.W. (Chair). 1989. *A Glossary of Terms Used in Range Management*. (3 ed.). Range Term Glossary Committee. S.R.M., Denver.
- Johnsen, T.N., Jr. 1962. One-seed juniper invasion of northern Arizona grasslands. *Ecol. Monog.* 32: 187-207.
- Jubenville, A. 1978. *Outdoor Recreation Management*. W.B. Sanders Company. Philadelphia.
- Klein, D.R. 1970. Tundra Ranges North of the Boreal Forest. *J. Range Manage.* 23: 8-14.
- Klingebiel, A.A., and P.H. Montgomery. 1961. Land-Capability Classification. S.C.S.-U.S.D.A. Agric. Handbook No. 210.
- Kothmann, M.M. (Chair.). 1974. *A Glossary of Terms Used in Range Management*. (2nd. ed.). Society for Range Management. Denver.
- Knudson, D.M. *Outdoor Recreation*. Macmillan publishing Co., Inc. New York.

- Lauenroth, W.K., and W.A. Laycock. 1989. Secondary succession and the evaluation of rangeland condition. Westview Press. Boulder.
- Lewis, J.K. 1969. Range Management Viewed in the Ecosystem Framework. In: Van Dyne, G.M. (ed.). The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press. New York. pp. 97-187.
- Lloyd, M., and R.J. Ghelardi. 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. J. Anim. Ecol. 33: 217-225.
- Lundgren, G.K, J.R. Conner, and H.A. Pearson. 1983. An Economic Analysis of Forest Grazing on Four Timber Management Situations. South. J. Appl. For. 7: 119-124.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton.
- McCall, J.R., and V.N. McCall. 1977. Outdoor Recreation. Bruce. Beverly Hills.
- McConnell, B.R., J.G. Smith. 1970. Response of Understory Vegetation to Ponderosa Pine Thinning in Eastern Washington. J. Range Manage. 23: 208-212.
- Miller, F.H. 1921. Reclamation of grass lands by Utah Juniper on the Tusayan National Forest, Arizona. J. Forestry 19: 647- 651.
- Miller, G.T. 1993. Environmental Science. (4 ed.). Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Miller, G.T. 1997. Environmental Science. (6 ed.). Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- NRC-National Research Council. 1990. The Improvement of Tropical and Subtropical Rangelands. National Academy Press. Washington.
- Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. Ann. Rev. Ecol. and Syst. 5: 285-308.
- Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Durango. Segundo Semestre. Tomo CLIII. Jueves 18 de Diciembre de 1975. Ley que Regula el Aprovechamiento Técnico de los Pastizales
- Ramsey, C.W: 1965. Potential Economic Returns From Deer as Compared with Livestock in the Edwards Plateau Region of Texas. J. Range Manage. 18: 247-250.

- RAE-Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. (20a. ed.). Editorial Espasa-Calpe, S.A. Madrid.
- Roché, B.F., Jr. 1983. Forestland Grazing. Washington State University. Coop. Serv.
- Rzedowski, J. 1966. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Sobretiro de Act. Cient. Potos. Vol. V, Nos. 1 y 2. San Luis Potosí.
- Sampson, A.W. 1952. Range Management. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Schultz, A.M. 1969. A Study of an Ecosystem: The Arctic Tundra. In: Van Dyne, G.M. (ed.). The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press. New York. pp. 77-96.
- SCS-Soil Conservation Service. 1987. Basic Statistics. Iowa State University. Statistical Department. Ames.
- Semple, A.T. 1951. Improving the World's Grasslands. FAO Agric. Stu. No. 16. Rome.
- Shaw, N.H., and W.W. Bryan (eds.). 1976. Tropical Pasture Research. Commonwealth Agricultural Bureaux. Bull. 51.
- Smeins, F.E. 1983. Origin of the brush problem - A geological and ecological perspective of contemporary distributions. Proc. Brush Management Symposium. SRM. Albuquerque.
- Smith, D.R. 1967. Effects of Cattle Grazing on a Ponderosa Pine- Bunchgrass Range in Colorado. USDA Forest Service. Tech. Bull. No. 1371.
- Springfield, H.W. 1976. Characteristics and management of southwestern pinyon-juniper ranges: The status of our knowledge. USDA For. Ser. Res. Pap. RM-160.
- Steger, R.E., and R.F. Beck. 1973. Range plants as ornaments. J. Range Manage. 26: 72-74.
- Stoddart, L.A. 1967. What is Range Management? J. Range Manage. 20: 302-307.
- Stoddart, L.A., A.D. Smith, and T.W. Box. 1975. Range Management. (3 ed.). McGraw-Hill, Book Company. New York.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo, y C. González-Pacheco (eds.) 1989. La Producción Rural en México: Alternativas Ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México.

- Upchurch, M.L. 1963. Public Grazing Lands in the Economy of the West. In: A.A.S.S. Symp. Denver Colorado. Amer Advcance. Sci. Pub. 73: 83-98.
- Vallentine, J.F. 1990. Grazing Management. Academic Press, Inc. San Diego.
- Vavra, M. 1996. Sustainability of animal production systems: An ecological perspective. J. Animal Sci. 74: 1418-1423.
- Vink, A.P.A. 1975. Land Use in Advancing Agriculture. Springer-Verlag. New York.
- Vitousek, P.M. 1990. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. Oikos 57: 7-13.
- Voisin, A. 1974. Productividad de la Hierba. Editorial Tecnos. Madrid.
- West, N.E. 1993. Biodiversity of Rangelands. J. Range Manage. 46: 2-13.
- Williams, R.E, B.W. Allred, R.M. Denio, and H.A. Paulsen, Jr. 1968. Conservation, development, and use of the world's rangelands. J. Range Manage. 21: 355-360.
- Workman, J.P. 1986. Range Economics. Macmillan Publishing Company. New York.

11. BIOMA BOSQUE

DEFINICION

Originalmente se entendió por bosque aquellas áreas agrestes reservadas para la cacería (Bakuzis 1969; Mendoza 1993) que por su limitada utilidad (entonces no había escasez de madera o fauna) debería ser urbanizada o convertida en campos de cultivo o potreros para hacer posible la vida civilizada (Reed 1954). Posteriormente se restringió el concepto a aquellas áreas dominadas por árboles (Allen y Leonard 1966; FAO 1963; Font Quer 1965; SAF 1950). También se le ha denominado **tierra maderable** ("woodland" o "timberland") (Denman y Prodano 1972; Hagenstein 1990) con fundamento en que la productividad primaria neta de los bosques consiste de la acumulación de **madera** en árboles en pie (Waring y Schlesinger 1985). En este contexto, sin embargo, la relación del bosque con la sabana es confusa (Bakuzis 1969) debido a que no se especifica lo que debe entenderse por dominante, en términos de cobertura o estratificación.

Algunos ecólogos (Oosting 1956) consideran que el estrato superior de una comunidad controla y caracteriza a la vegetación y que la estratificación incrementa el número de hábitats disponibles (Odum 1959), entendiéndose por estrato arbóreo aquel formado por plantas leñosas con un diámetro mayor de 10.2 cm a la altura del pecho (1.37 m) y con más de 5 m (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974; Patton 1992) o 7 m de altura (Castillon 1992). En este contexto se ha definido bosque como un ecosistema que presenta por lo menos tres estratos, el superior o arbóreo, el arbustivo y el herbáceo a nivel del suelo (Hunter 1990; Payne y Bryant 1994). Por otro lado, el bosque se clasifica en **abierto** cuando la cobertura de las copas (aérea) de árboles es de 5 a 20% y

cerrado cuando es mayor del 20% (Castillon 1992), en general, sin embargo, para que una área se considere bosque debe presentar una cobertura de por lo menos 10% de árboles (USDA 1982).

El bosque es un ecosistema que involucra un medio ambiente físico y la totalidad de los organismos (Allen y Leonard 1966; Bakuzis 1969). Además de la presencia de árboles se caracteriza por presentar diversos componentes que proveen diferentes recursos al humano, sin embargo el proceso esencial que caracteriza al bosque es la producción de madera (Mendoza 1993; Sharpe et al. 1976). Tal y como sucede con el pastizal, sin embargo, se considera bajo el potencial de uso múltiple (Wenger 1967) y en consecuencia se puede redondear el concepto de bosque señalando que son tierras extensivas residuales después de que las áreas de bosque con potencial agrícola han sido convertidas a ese uso entre cuyos componentes deben incluirse el fuego y la fauna silvestre. La ciencia que se ocupa del estudio de los bosques es la silvicultura, considerada como los procedimientos de cultivo que se requieren para mantener una producción sostenida de madera con fundamento en principios de ecología aplicada (Bakuzis 1969; Sharpe et al. 1976) a pesar de que en cierta medida depende de técnicas agronómicas de invernadero que tienden al monocultivo (Scott 1966).

Los bosques potenciales cubren una tercera parte (34%) de la superficie de la tierra o un equivalente aproximado de 6.2 billones de hectáreas (Chiras 1991; Cutter et al. 1991; Freedman 1989; Matthews 1983) y se distribuyen en todas las regiones húmedas y subhúmedas del mundo desde el trópico hasta los márgenes de la tundra (Cuadro 11.1). Con fundamento en lo anterior en General los bosques se clasifican en **boreal, templado, y tropical** (Chiras 1991; Miller 1997; Myers 1984), sin embargo algunos autores además distinguen la categoría de **sabana y bosque tropical seco** (Bakuzis 1969)

Cuadro 11.1 Recursos forestales mundiales (millones de hectáreas), 1980.

Región	Bosque cerrado	Bosque Abierto	Bosque total	Arbustos	Total
Asia (excepto china)	332	50	382	107	489
Africa	221	499	720	608	1,328
América Latina	693	240	933	313	1,246
Norte América	459	275	734	---	734
Europa	137	22	159	---	159
Ex Unión Soviética	792	137	929	---	929
China	122	15	137	---	137
Oceania	72	86	158	2	160
Total Mundial	2,828	1,324	4,152	1,030	5,182

Tomado de Postel y Heise (1988).

Los bosques de México ocupan el tercer lugar en América Latina por su extensión. El 70% se localizan en zonas templadas y tierras altas, enclavados en las principales cordilleras del país y el resto son bosques tropicales de las zonas bajas de los estados del sureste y sur del país. Estos bosques ocupan en extensión menos de la tercera parte del territorio nacional (Cuadro 11.2) y representan un importante recurso biológico y económico (Segura 1995; INEGI 1995).

Cuadro 11.2 Cobertura forestal en México (realizado con imágenes de satélite), 1990-1991.

Categoría	Superficie (Has.)	Porcentaje
Total	196 827 700	
Bosques templados	33 578 700	17.1
Bosques tropicales altos y medianos	14 649 200	7.4
Bosques tropicales secos (selva baja caducifolia)	18 083 600	9.2
Otros (no forestales)	128 588 400	65.3
Agua	1 077 100	0.6
Nubes	850 700	0.4

Tomado de INEGI 1995

Los bosques generalmente ocupan áreas de suelo pobre y pendientes en laderas, aunque también se encuentran en tierras de alta calidad (Miller 1997). Hay cuatro tipos de bosque tropical: **bosque siempre verde o bosque tropical lluvioso, bosque húmedo, bosque deciduo, y bosque abierto seco.** El bosque siempre verde recibe al menos 4,000 mm de precipitación anual, con casi o ninguna estación seca, su vegetación dominante consiste de árboles que alcanzan una altura de 50 a 60 metros, las copas de estos árboles forman una densa cubierta que bloquea en gran cantidad los rayos solares, los diferentes estratos van reduciendo la penetración de la luz hasta alcanzar el 1% al nivel del suelo. El bosque húmedo recibe al menos 2000 mm de precipitación anual y presenta no mas de tres meses con menos de 100 mm, es muy parecido al bosque tropical lluvioso, excepto que no presenta una complejidad ecológica. El bosque deciduo recibe al menos 1500 mm de precipitación anual, con cuatro a seis meses de estación virtualmente seca, que es cuando pierde sus hojas por grandes periodos. El bosque abierto seco recibe al menos

10054

1000 mm de precipitación anual y a menudo presenta prolongadas sequías (Myers 1984).

BOSQUE Y USO POTENCIAL DE LA TIERRA

Como se señaló antes, los bosques son tierras extensivas remanentes de la actividad agrícola (Bakuzis 1969; Sears 1956), por otro lado se combinan con el uso apacentamiento de animales silvestres y domésticos después de aplicar estrategias de aclaréo y quema (Holechek et al. 1998; Lundgren et al. 1983). Las técnicas silvícolas requieren inevitablemente la consideración de rangos ecológicos de distribución de las especies para efectos de reforestación y en consecuencia tienen que aplicarse basándose en el uso potencial de la tierra (Liebundgut 1962) pues de lo contrario se propiciaría la erosión acelerada del suelo. En el caso de bosques tropicales la fragilidad y poca riqueza del suelo se manifiesta inmediatamente después de la eliminación del bosque por lo que resulta imprescindible limitar la apertura de esas tierras al cultivo o a la ganadería con base en uso potencial (Simmons 1974).

Según la clasificación de uso potencial (Klingebiel y Montgomery 1961) los bosques comprenden la clase VII de tal manera que incluye el uso apacentamiento (pastizal) (ver Fig 5.2). Con fundamento en potencial, por otro lado, cuando un bosque no puede producir madera a una tasa de por lo menos 20 pies cúbicos por acre por año, no se le considera como bosque maderable o bien hay que considerar aspectos de pendientes del terreno, que también condicionaría la explotación forestal y en consecuencia se tiene que usar como área natural de reserva, como parque o como hábitat para fauna silvestre (Hagenstein 1990). Esto puede ocurrir donde existe un intenso plegamiento en las sierras, en consecuencia, debe evitarse la explotación forestal a fin de evitar los riesgos que representaría para la estabilidad de los suelos, el ciclo hidrológico, el habitat, etc.

USO E IMPORTANCIA

La utilidad de los bosques es multiple. Como ya se indicó, en primera instancia está la producción de madera o uso maderable. La producción forestal maderable en el mundo (Cuadro 11.3) y en México ha mostrado una tendencia irregular, siguiendo un descenso pronunciado desde 1987 (Cuadro 11.4).

En términos generales, la producción se sujeta al manejo del ciclo forestal de tal manera que se alternen los usos del bosque enmarcados en principios de sucesión y sustentabilidad (Castillon 1992; Patton 1992; Payne y Bryant 1994; Spurr y Barnes 1973). Con la madera como punto pivotal las estrategias de cosecha de edad uniforme o edad no uniforme se

Cuadro 11.3 Area forestal estimada y crecimiento potencial estimado en toneladas de materia seca producidas por hectarea por año en diferentes clases de bosques del mundo.

Clases	Area estimada		Crecimiento estimado		
	Millones de Has.	%	Tons- /Ha/año	Total Millones tons/año	%
Bosque Tropical lluvioso	751	31	8.3	2158	49
Sabana y bosque tropical seco	530	21	1.0	530	12
Bosque templado	590.5	24	10.4	1186	26.5
Bosque boreal	605.5	24	0.9	556	12.5
Total	2477	100	1.8	4430	100

Bakuzis 1969

Cuadro 11.4 Producción y valor de la producción forestal maderable en México 1980-1994

Periodo	miles de metros cúbicos rollo	miles de pesos
1980	9048	9650
1981	8954	12394
1982	8997	18770
1983	8748	22204
1984	9449	52798
1985	9946	99866
1986	8959	180984
1987	9791	393359
1988	9314	668265
1989	8888	895506
1990	8158	923085
1991	7688	1027878
1992	7681	1143947
1993	6350	970521
1994	6407	979259

Tomado de INEGI 1996.

escogen dependiendo de las características del lugar y de sus impactos sobre los componentes del bosque, sobre todo el suelo y el agua. A la cosecha sigue la aplicación de los métodos de reproducción para iniciar la reforestación, mismos que se combinan con el uso pastizal a través de la producción de forraje (Castillon 1992; Sharpe et al. 1976).

La vegetación, esencialmente los árboles de los bosques, protegen el suelo de la erosión acelerada. De este modo sustentan el ciclo hidrológico, por ejemplo, manteniendo los ríos y los depósitos de agua libres de sedimento y regulando

la infiltración y escurrimiento del agua de tal manera que definen la recarga de los mantos acuíferos (Sharpe et al. 1976; Spur y Barnes 1973).

Como alternativa al uso maderable y su consecuente uso pastizal, se presenta el uso de bosques como áreas naturales de reserva o como parques que proporcionan otros recursos para el humano tales como paisajes (escénico) y diversas formas de recreación (Amidon y Gould 1962; Chiras 1991; Miller 1997; Owen 1985). Lo pertinente a áreas naturales y sus usos se tratará posteriormente en el capítulo correspondiente.

Otra opción de uso es el bosque como hábitat para fauna silvestre (Chiras 1991; Hunter 1990). En los bosques de los Estados Unidos, por ejemplo, hay aproximadamente 320 especies de fauna silvestre (Patton 1992). La clave para optimizar el manejo del bosque en concurrencia con la fauna silvestre es un plan a largo plazo de regulación de clases por edades de los árboles ya que una vez establecidas esas clases resulta difícil y costoso obtener alteraciones (Halls 1973).

Otro uso del bosque consiste en el consumo de la madera para combustible o leña. Este se presenta en mayor proporción en los países subdesarrollados (47%) que en los desarrollados (7%), comprendiendo en total el 54% del uso de la madera a nivel mundial, y equivaliendo en números absolutos a aproximadamente 20 millones de metros cúbicos (Eckhlom 1975; Myers 1984).

BIOTA

Los bosques pueden ser ampliamente clasificados de acuerdo al clima y a los tipos de árboles (Castillon 1992; Chiras 1991; Myers 1984). En las zonas frías, limitando con la tundra se encuentra el bosque boreal, compuesto principalmente de coníferas tales como pino y abeto, se identifica porque sus árboles son siempre verdes con hojas en forma de aguja y se distribuyen desde Alaska hasta Siberia, pero también se encuentran en las grandes montañas, como las Himalaya, las Rocayosas y los Andes. En las zonas templadas

se encuentra el bosque templado, el cual es más diverso y se puede encontrar compuesto por coníferas y por árboles de hoja ancha como encinos, maple, roble, o sólo por árboles de hoja ancha. Cerca del ecuador se encuentra el bosque tropical el cual es un bioma de los mas ricos y complejos, compuestos con una gran diversidad de especies animales y vegetales (Chiras 1991; Miller 1997). En zonas tropicales con periodos definidos de sequía se presenta la sabana y el bosque tropical seco (Beard 1953; 1955; Font Quer 1965; Miranda y Hernández 1963)

Todos los animales excepto el humano, pueden vivir en una área sólo si los recursos básicos como alimento y agua están presentes y si el animal tiene adaptaciones que le permitan superar las condiciones climáticas, la competencia y predadores. Sin embargo, el humano puede vivir aún si estos requerimientos no son encontrados, debido a que puede modificar el ambiente y cubrir sus necesidades o deseos con recursos de otra parte del mundo. Por estas razones, el humano ocupa casi todas las partes de la tierra, pero las especies animales estan restringidas a ciertos tipos de habitats (Morrison et al. 1992).

El bosque actúa como una reserva de vida silvestre, tanto vegetal como animal (Simmons 1974). De hecho es el tipo de vegetación en donde se concentran el mayor número de especies silvestres (flora y fauna) y hacen de México uno de los diez países con mayor biodiversidad del mundo (Segura 1995).

CONSERVACION

La conservación de los bosques, no implica privarse de sus productos, por el contrario, significa un conveniente aprovechamiento orientado en el principio de un máximo rendimiento continuo, que implica su mejoramiento y la inalterabilidad de su potencial productivo. La aplicación de este principio exige un conocimiento de los distintos factores físicos y biológicos que afectan los bosques (Sharpe et al. 1976). A pesar de los grandes beneficios obtenidos de

los bósques, sólo cerca del 13% de los bosques de todo el mundo está bajo un manejo adecuado y sólo el 2% esta protegido en reservas. Además, con la población mundial en crecimiento, la demanda de madera para combustible y otros bienes aumenta también, en consecuencia, se necesita un buen programa de manejo para proteger y extender este recurso renovable (Chiras 1991 p.194).

Un factor que determina el uso y la conservación de los bosques es el fuego, mismo que se genera naturalmente por la incidencia de rayos que dan lugar a sucesiones que interrumpen el ciclo forestal (Castillon 1992), por lo que la conservación del bosque implica el establecimiento de programas de control y prescripción del fuego (Sharpe et al. 1976).

Los bosques han sido seriamente dañados o agotados en muchas partes del mundo (Cutter 1991 pp. 172; Sugai 1997), las principales causas son apertura agrícola, urbanización, producción de papel y la utilización de madera (leña) para producir energía (Abramovitz 1997; Bakuzis 1969; Freedman 1989). En la actualidad México tiene una de las tasas de deforestación más altas de Latinoamérica (800,000 Ha/año) que está principalmente asociada a cambios de uso del suelo a actividades agrícolas y pecuarias (Segura 1995).

Algunos gobiernos consideran a los bosques como un medio para resolver sus problemas financieros, tal y como sucede en Indonesia y Brasil o bien los relegan a un segundo término ante las necesidades de urbanización (Abramovitz 1998). Los aserraderos industriales son la mayor causa de destrucción tanto del bosque tropical como del templado, incluyendo el crecimiento viejo. Otro factor que tiene que considerarse es el efecto de la contaminación del aire sobre la productividad de los bosques, misma que deberá reducirse sin alterar la producción industrial y de energía que origina la acidificación (sulfuro) de la precipitación a nivel regional. El efecto de la lluvia ácida incide a través del suelo y por esa razón es particularmente severo (Denniston 1993; Postel 1985).

Ante la destrucción de los bosques tiene que implementarse un programa formal de reforestación (Durning 1994) que evite la erosión y pérdida general de productividad (Postel

y Heise 1988), tomando en cuenta, además, que el remplazo de poblaciones diversas con comunidades genéticamente uniforme pone el futuro del bosque en riesgo por el principio de monocultivo que atenta contra la biodiversidad (Postel y Ryan 1991; Ryan 1992).

LEGISLACION

La importancia de los bosques ha traído como consecuencia el desarrollo e implementación de políticas y legislación pertinente a su uso en muchos países. Por ejemplo, en Estados Unidos los bosques que se encuentran en tierras federales se manejan de acuerdo al acta de Uso Múltiple-Ganancia Sostenida de 1960, como su nombre lo indica, invalida el uso maderable como único (Cutter et al. 1991; Simmons 1974). Además, se aplican otras actas como: el Acta de Manejo de los Bosques Nacionales de 1976, Acta de Políticas y Manejo de Tierras Federales de 1976, Acta de Áreas Naturales Protegidas de 1964, Acta de "Wild and Scenic Rivers" de 1968 (Castillon 1992; Chiras 1991).

En México, la política y legislación forestal se sujetan a los principios, criterios y disposiciones previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Forestal y sus Reglamentos, con el propósito de regular y fomentar la conservación, protección, restauración, aprovechamiento, manejo y producción de los recursos forestales (LGEEPA 1994; RLF 1997; SARH 1993; 1994)

EDUCACION

El bosque ha sido motivo de numerosas campañas de educación ambiental relativas a la reforestación, como proceso de recuperación de ecosistemas, tanto urbano como rural, con énfasis en la educación infantil, sin embargo, mientras estas campañas no alcancen a las compañías madereras los efectos solo serán marginales.

LITERATURA CITADA

- Abramovitz, J.N. 1997. Valuing Nature's Services. In: Brown, L.R. (ed.). State of the World 1997. W.W. Norton & Company. New York. pp. 95-114.
- Abramovitz, J.N. 1998. Sustaining the World's Forests. In: Brown, L.R. (ed.). State of the World 1998. W.W. Norton & Company. New York. pp. 21-40.
- Allen, S.W. and J.W. Leonard. 1966. Conserving natural resources. 3 ed. McGraw-Hill Book Company.
- Amidon, E., and E.M. Gould. 1962. The possible impact of recreation development on timber production in three California National Forests. USFS. Pac.SW. Exp. Sta. Tech. Pap. 69. Berkeley.
- Bakuzis, E.V. 1969. Forestry viewed in an ecosystem perspective. In: Van Dyne, G.M. (ed.). The ecosystem concept in natural resource management. Academic Press. New York. pp. 189-258.
- Beard, J.S. 1953. The savanna vegetation in northern tropical America. Ecol. Monogr. 23: 149-215.
- Beard, J.S. 1955. The classification of tropical american vegetation types. Ecology 36: 89-100.
- Castillon, D.A. 1992. Conservation of natural resources: a resource management aproach. WCB Publishers. Dubuque, IA.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science: action for a sustanaible future. 3 ed. The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, Ca.
- Denman, D.R. and S. Prodano. 1972. Land use: an introduction to proprietary land use analysis. George Allen & Unwin Ltd. London.
- Denniston, D. 1993. Air Pollution Damaging Forests. In: Brown, L.R. (ed.). Vital Signs 1993. W.W. Norton & Company. New York. pp. 108-109.
- Durning, A.T. 1994. Redesigning the Forest Economy. In: Brown, L.R. (ed.). State of the World 1994. W.W. Norton & Company. New York. pp. 22-40.
- Eckhlom, E. 1975. The Other Energy Crisis: Firewood. Worldwatch Paper 1. Worldwatch Institute. Washington.

- FAO-Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1963. World forest inventory. FAO. Roma.
- Font Quer, P. 1965. Diccionario de botánica. Editorial Labor, S.A. Barcelona.
- Freedman, B. 1989. Environmental ecology: the impacts of pollution and other stresses on ecosystem structure and function. Academic Press, Inc. San Diego, Ca.
- Hagenstein, P. 1990. Forests. In: Sampson, R.N., and D. Hair. (eds.). Natural Resources for the 21st Century. Island Press. Washington. pp. 78-100.
- Halls, L.K. 1973. Managing deer habitat in loblolly-shortleaf pine forest. J. For. 71: 752-757.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper, and C.H. Herbel. 1998. Range Management. Prentice Hall. Upper Saddle River.
- Hunter, M.L., Jr. 1990. Wildlife, Forests, and Forestry: Principles of Managing Forests for Biological Diversity. Prentice-Hall. Englewood Cliffs.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1995. Estadísticas del Medio Ambiente México, 1994. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1996. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1995. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Klienengebiel, A.A., and P.H. Montgomery. 1961. Land-Capability Classification. SCS-USDA. Agric. Handbook No. 210.
- RLF-Reforma de la Ley Forestal. 1997. Diario Oficial de la Federación, 20 de Mayo de 1997. pp 32-47.
- LGEEPA-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1994. Versión del Diario Oficial (28 de enero de 1988). 3 ed. Ediciones Delma S.A. de C.V. México.
- Liebundgut, H. 1962. Orchard versus "naturalistic" silviculture. Proc. 5th. World Forestry Congr. University of Washington Press. Seattle.
- Lundgren, G.K., J.R. Conner, and H.A. Pearson. 1983. An economic analysis of forest grazing on four timber management situations. South J. Appl. For. 7: 119-124.
- Matthews, E. 1983. Global vegetation and land use. J.

- Climate and Appl. Meteor. 22: 474-487.
- Mendoza B., M.A. 1993. Conceptos básicos de manejo forestal. Editorial LIMUSA, Editorial UTEHA. México.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental Science: working with the Earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.
- Miranda, F., E. Hernández X. 1963. Fisiografía y vegetación. In: Las zonas áridas del centro y noreste de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. pp. 1-27.
- Morrison, M.L., B.G. Marcot, and R.W. Mannan. 1992. Wildlife-habitat relationships: concepts and applications. The University of Wisconsin Press. Madison.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation Ecology. John Wiley & Sons. New York.
- Odum, E.P. 1959. Fundamentals of ecology. 2 ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Oosting, H.J. 1956. The study of plant communities: an introduction to plant ecology. 2 ed. W. H. Freeman and Company. San Francisco.
- Owen, O.S. 1985. Natural resource conservation: an ecological approach. 4 ed. Macmillan Publishing, Inc.
- Patton, D.R. 1992. Wildlife Habitat Relationships in Forested Ecosystems. Timber Press. Portland.
- Payne, N.F., and F.C. Bryant. 1994. Techniques for Wildlife Habitat Management of Uplands. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Postel, S. 1985. Protecting Forests from Air Pollution and Acid Rain. In: Brown, L.R. (ed.). State of the World 1985. W.W. Norton & Company. New York. pp. 97-123.
- Postel, S. and Heise, L. 1988. Reforesting the earth. Worldwatch Paper 83. Worldwatch Institute. Washington, D.C.
- Postel, S. and J.C. Ryan. 1991. Reforming Forestry. In: Brown, L.R. (ed.). State of the World. W.W. Norton & Company. New York. pp. 74-92.
- Ryan, J.C. 1992. Conserving Biological Biodiversity. In: Brown, L.R. (ed.). State of the World. W.W. Norton & Company. New York. pp. 9-26.

- Reed, J.L. 1954. Forests of France. Faber and Faber. Londres.
- SAF-Society of American Foresters. 1950. Forestry terminology. Soc. Am. Foresters. Washington, DC.
- SARH-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1993. Ley Forestal. Versión del Diario Oficial de la Federación (22 de Diciembre de 1992). SARH. México.
- SARH-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1994. Reglamento de la Ley Forestal. Versión del Diario Oficial de la Federación (21 de Febrero de 1994). SARH. México.
- Scott, C.W. 1966. The changing aims of forestry. *Forestry* 39: 10-16.
- Sears, P.B. 1956. The importance of forests to man In: Haden-Guest, S. (ed.). *A World Geography of Forest Resources*. Amer. Geog. Soc. New York.
- Segura, G. 1995. Métodos para evaluar la sostenibilidad en el manejo de los bosques: Una perspectiva de México. In: Aguirre B, C.; L. Eskew; C. Gonzalez V.; A.B. Villa S. (Editores / Compiladores). *Cooperación social para el manejo sostenible de los ecosistemas forestales: Quinto Simposium Bienal México - Estados Unidos, 17-20 de Octubre de 1994*. Guadalajara, Jalisco, México
- Sharpe, G.W., C.W. Hendee, and S.W. Allen. 1976. *Introduction to Forestry*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Simmons, I.G. 1974. *The Ecology of Natural Resources*. John Wiley and Sons. New York.
- Sugal, C. 1997. Forest Loss Continues. In: Brown, L.R. (ed.). *Vital Signs 1997*. W.W. Norton & Company. New York. pp. 96-97.
- USDA/USFS-United States Department of Agriculture/United States Forest Service. 1982. *Analysis of the Timber Situation in the United States. 1952-2030*. USFS Report No. 23. Washington.
- Waring, R.H. and W.H. Schlesinger. 1985. *Forest Ecosystems: concepts and management*. Academic Press, Inc. Orlando, Fl.
- Wenger, K.F. 1967. Multiple-use silviculture in the United States. 14th Intl. Union Forest Res. Cong. 4: 619-630.

12. BIOMAS ACUATICOS

Los biomas acuáticos presentan un medio ambiente constituido por agua o hidrósfera (Barbour et al. 1987; Larcher 1983). El ambiente de agua salada incluye los océanos y los lagos salados. El ambiente acuático puede ser dividido en dos categorías principales, de agua dulce y de agua salada. El de agua dulce puede ser subdividido en sistemas de agua en movimiento (ríos, arroyos) y depósitos (lagos). Otras formas de depósitos son los hielos polares y el agua subterránea, sin embargo, éstos tienen una biota limitada. En el agua subterránea solo sobreviven contadas bacterias y en el hielo polar solo se han encontrado microorganismos en bolsitas de líquido salado a temperaturas de -10°C (Castillon 1992). Los biomas que se examinarán en este apartado son lagos, ríos y arroyos (de agua dulce) y los océanos (de agua salada).

LAGOS

Los lagos son cuerpos de agua formados cuando la precipitación y los escurrimientos llenan las depresiones en la superficie de la tierra (Miller 1997). Los lagos de grandes dimensiones presentan características análogas a las existentes en los mares con estratificación de temperaturas, corrientes y oleaje. La única diferencia importante consiste en la ausencia de salinidad.

La mayoría de las sustancias son mas densas a medida que cambian del estado gaseoso al líquido al sólido. El agua no sigue este patrón y es mas densa como líquido que como sólido, en otras palabras el hielo es menos denso que el agua líquida y por esto flota en el agua. Esta propiedad del agua causa una estratificación de temperaturas de los lagos

(Castillon 1992; Miller 1997; Odum 1972), distinguiéndose tres capas (Castillon 1992; Miller 1997; Odum 1972): el *epilimnio*, la capa superior con altos niveles de oxígeno disuelto, calentada por el sol y mezclada por el viento y otras corrientes; el *hipolimnio*, la capa mas profunda, que no es calentada ni mezclada y generalmente con una concentración mas baja de oxígeno disuelto; y la capa intermedia llamada *termoclino* que separa las otras dos (Brewer 1994).

Las variaciones estacionales de temperatura en climas templados durante el verano producen una capa superior mas caliente que la del fondo y, como resultado, únicamente la capa caliente superior circula, y no se mezcla con el agua más fría. A medida que progresa el otoño la temperatura del epilimnio baja hasta ser igual a la del hipolimnio, entonces el termoclino desaparece y se mezclan las capas desde arriba hacia abajo. En invierno el termoclino reaparece quedando la capa superior más fría que la capa profunda. En la primavera, al fundirse el hielo y hacerse el agua mas caliente, se hace también mas pesada y baja al fondo y se vuelven a mezclar las capas (Castillon 1992).

De acuerdo con la estratificación de temperaturas se pueden distinguir cuatro tipos principales de lagos: **Lagos fríos**, en los que la temperatura de las aguas profundas oscila alrededor de 4°C y la de las superficies varía entre 0 y -4°C según la estación. Estas capas solo se mezclan durante el verano. **Lagos templados**, con temperatura de la capa superficial de 4°C y temperatura invernal por debajo de este valor en los que ambas masas se mezclan en primavera y otoño. **Lagos subtropicales**, presentan una temperatura invernal en la capa superior arriba de los 4°C y la mezcla de las aguas se produce en invierno. **Lagos tropicales**, tienen temperaturas superficiales de unos 20°C y apenas varían en el curso del año. En éstos, las mezclas de las distintas masas de agua son ocasionales e irregulares (Castillon 1992).

Según la cantidad de nutrientes cabe distinguir entre **lagos eutróficos** y **oligotróficos** (Dasmann 1972; Nebel 1987) y los que se encuentran entre esos dos extremos se denominan **lagos mesotróficos** (Miller 1997). Los primeros gozan de un gran aporte de nutrientes y la producción de fitoplancton y

zooplancton por lo que permiten la existencia de una abundante población de productores secundarios y depredadores. Sin embargo, el exceso de nutrientes puede dar lugar a la aparición de una gran cantidad de organismos descomponedores que consumen oxígeno y provocan la muerte de los habitantes aerobios. Este proceso se denomina eutroficación, y es característico de los lagos sometidos a un aporte excesivo de nutrientes en forma de aguas residuales de los cultivos y desagües. Los lagos oligotróficos, por el contrario son muy pobres en nutrientes y su flora microscópica es muy escasa. Sus aguas, suelen ser muy claras, frías y con alto contenido de oxígeno y generalmente se encuentran en altas elevaciones y en las regiones subpolares (Odum 1972; Sawyer 1969).

En los lagos se aprecian zonas bien definidas que proveen hábitat para diferentes especies (Castillon 1992; Miller 1997, Odum 1972): **zona litoral**, **zona limnética**, **zona profunda** y la **zona béntica** (Odum 1972; Miller 1997), la primera es la región de agua somera, con penetración de luz hasta el fondo, y la ocupan plantas enraizadas. La zona limnética es la zona de agua abierta, hasta la profundidad de penetración de la luz, donde el nivel de la intensidad alcanza el 1% y la fotosíntesis compensa la respiración por lo que se le llama **nivel de compensación**. A la zona litoral y limnética también se le puede llamar **zona eufótica** ya que este término se refiere al estrato totalmente iluminado. El nivel de compensación separa la zona limnética de la zona profunda que es el área del fondo y queda mas allá de la penetración de la luz. El fondo del lago, que es un región sin luz es llamado zona béntica y es ocupado por una gran cantidad de bacterias y hongos que viven en el sedimento y son muy activos como descomponedores de la materia orgánica que se acumula en ese lugar (Brewer 1994).

RIOS Y ARROYOS

Los rios y arroyos son el resultado de la evaporación marina, que se condensa en nubes y mas tarde cae en forma de lluvia sobre los continentes. La precipitación que no se

infiltra o evapora constituye el agua superficial que fluye hacia las partes mas bajas. Considerando como un ecosistema vivo, los rios y arroyos presentan aspectos muy variables según se trate de su curso alto o de desembocadura. La composición de sus aguas es variable desde el origen a la desembocadura, pues en su curso arrastra y disuelve sustancias que la alteran. Otro tanto sucede con la temperatura, que en la porción final muestra una estratificación vertical debido al mayor caudal y profundidad. La velocidad de la corriente varía en función de la pendiente, y es máxima en el nacimiento y mínima en su curso inferior. Todos estos factores condicionan las adaptaciones de la flora y la fauna y permiten distinguir dos ambientes principales en el interior de la masa fluvial: el bentónico, del fondo y el situado en la propia corriente (Brewer 1994).

El río se ha dividido en tres porciones principales: el **curso alto**, el **medio** y el **bajo**, cada uno de los cuales presenta un espectro florístico y faunístico propios. El curso alto comprende la región entre el nacimiento del río y el punto en el que la pendiente deja de ser acentuada. Es la zona de los arroyos y torrentes propia de las montañas, el caudal es escaso pero muy rápido, la temperatura baja, la turbidez escasa y la calidad del agua muy buena y rica en oxígeno, el fondo es rocoso, la fauna debe adaptarse al frío y a la fuerza de la corriente, por lo que pequeños vertebrados viven escondidos entre las grietas y al abrigo de rocas, la vegetación acuática es escasa. El curso medio se inicia en el punto en el que disminuye la corriente, comienza a formarse depósitos y llega hasta aquella zona en la que dichos depósitos adquieren gran importancia e incluso pueden desviar su curso, los cantos rodados, la arena y el limo son característico, el caudal, la temperatura y la turbidez aumentan, disminuye el oxígeno y la calidad del agua empieza a ser dura. El curso bajo, inicia cuando el río deja en sus márgenes grandes depósitos de arena que acaba en la desembocadura, el caudal es máximo, pero la corriente y el contenido de oxígeno son mínimos, aumentan la temperatura y la turbidez de las aguas, el fondo está formado por limos y arena (Miller 1997).

OCEANOS

El 70 por ciento de la superficie de la tierra esta cubierta por agua y la mayoría es salada (Castillon 1992; Cutter et al. 1991). La zona de transición entre la mayoría de los rios y los mares son llamados **estuarios** (Odum 1972). Estos están parcialmente encerrados a la zona litoral y están libremente conectados con el mar abierto, en los estuarios el agua salada es diluida por el agua dulce de los rios, la conección del estuario al mar es lo suficientemente libre que permite la influencia de las mareas. El ambiente en el estuario es muy variable, el nivel de agua, la salinidad, el flujo, y la turbidez cambian con las mareas, la productividad de la biomasa en los estuarios es excedida sólo en los lugares donde se encuentran comunidades de arrecifes de coral. La alta productividad de los estuarios no siempre ha sido debidamente apreciada por el humano quien a menudo las ha clasificado como áreas desprovistas de valor, aptas únicamente para verter en ellas materiales de desecho, modificandolo o contaminandolo (Odum 1972). Las zonas del mar son muy parecidas a las zonas de un lago, excepto que es más profunda y más compleja (Odum 1972; Castillon 1992

LITERATURA CITADA

- Barbour, M.G., J.H. Burk, and W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. 2 ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park.
- Brewer, R. 1994. *The Science of Ecology*. 2 ed. Saunders College Publishing. Ft. Worth.
- Castillon, D.A. 1992. *Conservation of natural resources: A resource management aproach*. WCB Publishers. Dubuque, IA.
- Cutter, S.L., H.L. Renwick, W.H. Renwick. 1991. *Explotation, conservation, preservation: a geographic perspective on natural resource use*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Dasmann, R.F. 1972. Environmental conservation. 3 ed. John Wiley & Sons. New York.
- Larcher, W. 1983. Physiological plant ecology. Springer-Verlag. Berlin.
- Miller, G.T. Jr. 1997. Environmental science: working with the earth. 6 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont, Ca.
- Nebel, B.J. 1987. Environmental Science: the way the world works. 2 ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. 3 ed. Nueva Editorial Interamericana S.A. México.
- Sawyer, C.N. 1969. Basic concepts of eutrophication. In Cox, G.W. (ed). Readings in conservation ecology. Appleton - Century - Crofts, Educational Division, Meredith Corporation. New York. pp. 462-472.
- Weber, P. 1994. Safeguarding Oceans. State of the World 1994. W. W Norton & Company New York p. 41-60.

13. ETICA

En el Capítulo 2, pertinente a conceptos ecológicos y sociales se señaló que la ética trata sobre el bien y el mal, es decir, sobre lo moral de las costumbres o comportamiento del humano. Lo anterior, de manera científica, en un marco de referencia estrictamente histórico y fundamentada en los principios de conservación y sustentabilidad (Dasmann 1972; Miller 1994; Potter 1971; Sanchez 1969). Sin embargo, esta descripción introductoria requiere mayor elaboración para poder aplicarla objetivamente al contexto ambiental.

Etica es el estudio de la moral (Larroyo 1961; Real Academia Española 1984; Sánchez 1969; Shaw y Barry 1989). La ética es una ciencia o disciplina y la moral es su objeto de estudio (Castro 1987; Sánchez 1969; Vargas 1974). La ética es de carácter teórico mientras que la moral es de carácter práctico. A diferencia de los problemas morales representados por comportamientos concretos en la vida real, los problemas éticos son una reflexión de carácter teórico respecto a esas morales o comportamientos (Sánchez 1969). Cuando se analiza y trata de resolver un problema moral se está haciendo ética (Callahan 1988).

Una sociedad o cultura tienen una moral histórica concreta, representada por ciertas normas morales implícitas o explícitas, pero no tienen una ética específica ya que esta disciplina no se limita a estudiar la moral prevaleciente en una sociedad o cultura en un momento dado, sino que considera todas las morales de todas las culturas a través del tiempo. Por lo anterior un marco de referencia multicultural (Banks 1991; Gollnick y Chinn 1990; Hernández 1989; Pusch 1979) constituye una de las premisas en las que se fundamenta este trabajo.

La otra premisa esencial de este trabajo requiere que la ética sea un estudio reflexivo que conduzca a un tratamiento científico y por lo tanto objetivo de las morales, considerando su totalidad y diversidad de tal manera que se puedan comparar para explicar la razón de ser de esa diversidad y de los cambios tal y como se han presentado en un contexto histórico. Por lo tanto se opone a la postura tradicional o convencional que se limita a la simple descripción de una moral (Callahan 1988; Frankena 1963; Larroyo 1961; Sánchez 1969; Vargas 1974), como si esa fuera superior a las demás. La ética científica no considera válidas las propuestas universalistas o absolutistas que establecen una moral *a priori* (Sánchez 1969).

Lo anterior pone de manifiesto que a lo largo de la historia y aun en la prehistoria, se ha producido una diversidad de sociedades como producto de un comportamiento humano que al evolucionar en el tiempo varía y se diversifica. Al sucederse las sociedades, el significado, función y validez de la moral no pueden dejar de variar históricamente (Sánchez 1969). Lo que es válido para una sociedad no lo es necesariamente para otra y lo que es válido para una sociedad en un momento puede no serlo para la misma sociedad en otro momento. Este carácter cambiante del humano y de la sociedad apunta a la relatividad de las morales y rechaza por principio cualquier concepción absolutista de la moral ya que esta se presenta como una postura suprahistórica o peor aun ahistórica.

Por todo lo anterior, para poder comprender lo que es la ética tiene que presentarse primero una definición meticulosa de lo que se entiende por moral. Moral, del Latín *mos* o *mores*, costumbre o costumbres, es el conjunto de normas (principios, estándares o reglas) de conducta humana adquiridas por hábito o repetición (Callahan 1988; Castro 1987; Fox y DeMarco 1980; Sánchez 1969; Vargas 1974), destinadas a regular las relaciones de los individuos en una sociedad, es decir, las relaciones mutuas entre los individuos o entre éstos y la sociedad (Frankena 1963; Sánchez 1969), considerada ésta como una agrupación de seres humanos y sus interacciones. La conducta de individuos aislados no afecta a otras

personas, por lo tanto no se puede juzgar o calificar moralmente (bien o mal) (Sánchez 1969) por lo que se puede inferir que la moral tiene esencialmente una cualidad social, es decir, solo se da en sociedad (Sánchez 1969).

La moral es lo relativo a las normas de conducta de las personas desde el punto de vista del bien y el mal (Dyck 1973; Fox y DeMarco 1980; Real Academia Española 1984; Shaw y Berry 1989; Vargas 1974) con base en lo que se considera correcto o incorrecto en una sociedad grupo o cultura (Callahan 1988; Shaw y Berry 1989; Solomon 1984), en un momento histórico determinado (Sanchez 1969). Toma como fundamento los efectos o consecuencias de esas acciones en los derechos y el bienestar de otras personas (Fox y DeMarco 1980; Shaw y Berry 1989; Solomon 1984; Velasquez 1982) o de otros seres conscientes (Callahan 1988). Aunque es cierto que las interacciones en sociedad requieren ciertos principios, normas o reglas de conducta no es la ética la que establece esos principios o normas (Sánchez 1969), sino la sociedad. Las normas de conducta emanan de una sociedad como consecuencia de las interacciones entre los individuos que la componen para cumplir una función social consistete en mantener un orden social que permita preservar la integridad de esa sociedad (Sanchez 1969).

Por tratar con normas, la moral es de carácter normativa (Castro 1987; Sánchez 1969) y por ello se refiere a cuestiones relacionadas con valores, es decir, a lo que debe ser, a la norma que se debe seguir (Callahan 1988; Sánchez 1969). En consecuencia, la moral, lo normativo, la norma, exige ser realizada y el comportamiento humano, solo cobra significado moral en cuanto a que puede ser referido, positiva o negativamente, a una norma (Fox y DeMarco 1980; Sánchez 1969). La moral comprende las normas de conducta por un lado y por el otro las conductas concretas que deben ajustarse a esas normas, por lo que se puede hacer una distinción entre lo normativo, es decir, las normas, lo ideal, la conducta debida, y lo fáctico, es decir, las conductas o comportamientos propiamente, buenas o malas, lo real. Las normas representan lo que debería ser y las conductas lo que es (Sánchez 1969). A los comportamientos concretos en la vida

real, lo fáctico, se les puede denominar también moralidad y como consecuencia las normas, lo normativo constituyen la moral propiamente dicho.

ETICA Y USO DE LOS RECURSOS

Partiendo de las premisas señaladas, tiene que apuntarse que la postura del humano respecto al uso de los recursos naturales se ha fundamentado en una actitud de dominio y explotación con visión de corto plazo (miopía) y centrada en su interés propio (Miller 1994; Rees 1985). Lo anterior se puede describir como una actitud antropocéntrica y egocéntrica que asumía que los recursos se encontraban en cantidades ilimitadas para ser explotados por el humano bajo un patrón de imperialismo biológico que proclamaba la superioridad humana (Chiras 1991), como producto de arrogancia.

A esta forma de pensar se le ha denominado mentalidad fronteriza y se puede resumir en cuatro preceptos: 1) existe una provisión ilimitada de recursos para el humano, por lo que siempre habrá más y es solo para el humano, 2) el humano se encuentra aparte del resto de la naturaleza, 3) la naturaleza está para conquistarla, y 4) los costos de las empresas humanas solo se expresan en términos económicos y siempre producen desperdicios (Boulding 1966).

Contrario a esa postura está la ética de la tierra (Leopold 1949) o ética de sustentabilidad (Boulding 1966; Chiras 1991; Miller 1993) que propone los siguientes principios:

- los recursos son finitos.
- el humano es parte de la naturaleza.
- el humano no es superior a las demás especies, por lo que el bienestar de otras especies no debe afectada por el humano.
- existen costos externos (externalidades) por el uso de los recursos.

- el uso de los recursos debe ser tal que prevalezca para las siguientes generaciones.

Éticamente hablando la costumbre o comportamiento de explotar los recursos de manera indiscriminada debe considerarse históricamente ya que hasta antes de la revolución industrial la relación de disponibilidad a consumo era tal que no se evidenciaban efectos negativos de unos grupos humanos sobre otros y mucho menos sobre otras especies. Con el crecimiento de la población esa relación entre el humano y los recursos se alteró debido a que la escasez de estos últimos no ha sido producto de un uso equitativo. Se requiere aplicar el concepto de multiculturismo (Banks 1991; Gollnick y Chinn 1990; Hernández 1989; Pusch 1979) y hacerlo extensivo hasta multiespecies (Miller 1994).

Cuando una sociedad se renueva a sí misma, corrigiendo sus errores, se enriquece, desarrolla y progresa sobre un continuo de tal manera que tiende a autoproducirse constantemente y por lo tanto a perpetuarse. Como producto de estos cambios se presenta una evolución en la cual unas sociedades suceden a otras a lo largo del continuo histórico de espacio y tiempo y como consecuencia también se suceden las morales concretas o normas a las que respondían esas sociedades. Por otro lado, una sociedad estática se esclerosa debido a que impide el cambio interno y detiene su renovación y desarrollo por lo que termina por desaparecer.

ÉTICA AGRONÓMICA VS ECOLÓGICA

Agronomía es el conjunto de conocimientos aplicables al cultivo de la tierra, derivados de las ciencias exactas, físicas y económicas. Agricultura es la labranza o cultivo de la tierra.

Agro es el campo o tierra de labranza y agrario es todo lo referente al agro, es decir, todo lo relativo al campo (Real Academia Española 1984).

La agricultura se concibe como un proceso económico, que comprende la intervención del humano en el ecosistema con el fin de obtener productos de naturaleza vegetal o animal. Está determinada histórica y socialmente, y se caracteriza porque el humano aplica su fuerza de trabajo, sus conocimientos y habilidades, a través de medios e instrumentos, para el aprovechamiento y la transformación del ecosistema. Sin embargo, la agricultura también es una forma de vida y como tal, debe entenderse como un producto cultural.

La agronomía es el estudio científico de la agricultura, y puede conceptualizarse como el conjunto de ciencias que estudian y establecen la teoría y su aplicación para detectar, precisar y solucionar los problemas técnicos, ecológicos y socioeconómicos de la producción vegetal y animal. La agronomía entonces tiene una doble responsabilidad: hacia el individuo que practica la agricultura y hacia la sociedad (AMEAS 1989). Como ética, la agronomía tiene que llevarse a cabo de tal manera que su realización no afecte a otros seres, obligándose a sostener las productividades de la tierra para las siguientes generaciones.

La ecología según la definición de Haeckel pone de manifiesto que desde sus orígenes se sustentó, y a su vez respaldó, la teoría de la evolución. Con el transcurso del tiempo, sin embargo, la definición se simplificó y en la actualidad se ha generalizado como el estudio de las relaciones recíprocas o interacciones de los organismos entre sí y su medio ambiente (Brewer 1994; Hanson 1962), misma que puede presentarse como un modelo cuya esencia son de interacciones organismos-medio ambiente (Platt et al. 1964).

La ecología es una ciencia integradora con fundamento en el concepto de sistemas y como ética tiene que mantener el equilibrio y la sustentabilidad de los ecosistemas.

LITERATURA CITADA

- AMEAS-Asociación Mexicana de Educación Agrícola Superior. 1989. Plan de Desarrollo de la Educación Agrícola Superior en México. SEP-SESIC. México.
- Banks, J.A. 1991. Teaching Strategies for Ethnic Studies. 5 ed. Allyn and Bacon. Boston.
- Boulding, K.E. 1966. The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: Jarrett, H. (ed.). Environmental Quality in a Growing Economy. John Hopkins Press. Baltimore.
- Brewer, R. 1994. The Science of Ecology. 2 ed. Saunders College Publishing. Ft. Worth.
- Callahan, J. C. (ed.). 1988. Ethical Issues in Professional Life. Oxford University Press. New York.
- Castro, B. 1987. Etica Filosófica. Editorial Diana. México.
- Chiras, D.D. 1991. Environmental Science. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City.
- Dasman, R.F. 1972. Environmental Conservation. 3 ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Dyck, A. J. 1977. On Human Care. An Introduction to Ethics. Abingdon. Nashville.
- Fox, R. M., and DeMarco, J. P. 1990. Moral Reasoning. A Philosophic Approach to Applied Ethics. Holt, Rinehart and Winston, Inc. Fort Worth.
- Frankena, W. K. 1963. Ethics. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- Gollnick, D.M., and P.C. Chinn. 1990. Multicultural Education in a Pluralistic Society. 3 ed. Macmillan Publishing Company. New York.
- Hanson, H.C. 1962. Dictionary of Ecology. Philosophical Library. New York.
- Hernández, H. 1989. Multicultural Education. Merrill Publishing Company. Columbus.
- Larroyo, F. 1961. Los principios de la Etica Social. 10 ed. Editorial Porrúa. México.
- Miller, G.T., Jr. 1994. Living in the Environment: Principles, connections, and solutions. 8 ed. Wadsworth

Publishing Company. Belmont.

Platt, R.B., W.D. Billings, D.M. Gates, C.E. Olmsted, R.E. Shanks, and J.R. Tester. 1964. The Importance of Environment to life. BioSci. 14: 25-29.

Potter, V.R. 1971. Bioethics. Bridge to the Future. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.

Pusch, M.D. 1979. Multicultural Education. Intercultural Press, Inc. New York.

Real Academia Española. 1984. Diccionario de la Lengua Española. 20 ed. Espasa-Calpe. Madrid.

Rees, J. 1985. Natural Resources. Methuen. London.

Sánchez Vázquez, A. 1969. Etica. Editorial Grijalbo. México

Shaw, W. H., and V. Barry. 1989. Moral Issues in Business. 4 ed. Wadsworth Publishing Company. Belmont.

Solomon R.C. 1984. Morality & the good life. McGraw-Hill Book Company. New York.

Vargas, S. 1974. Etica o Filosofia Moral. 10 ed. Editorial Porrúa. México.

Velasquez, M.G. 1982. Business Ethics. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.

CONCLUSIONES

El crecimiento demográfico del humano ha dado origen a problemas ambientales tan complejos, que una postura de conservación estrictamente ecológica ya resulta inadecuada. Es necesario establecer criterios interdisciplinarios que permitan la integración de las ciencias físicas y sociales para desarrollar modelos alternativos de conservación de recursos escasos, haciendo énfasis en análisis económicos. Lo anterior dentro de un marco de referencia ético ambiental para legislar y educar respecto al uso y desuso de recursos, generando una teoría de economía ecológica que de lugar a una cultura ecológica con base en la sustentabilidad de los ecosistemas.

Para confrontar esta situación, se tiene que hacer énfasis en estudios demográficos que permitan dilucidar el concepto de capacidad de carga y los efectos del crecimiento excesivo de la población sobre el agotamiento de los recursos naturales. Para disminuir el crecimiento demográfico es necesario aplicar políticas poblacionales que promuevan programas de educación poblacional. De tal manera que se ejerza control sobre la población, tal y como sucede en algunos países desarrollados. Sin embargo, ya son visibles muchos efectos sobre los recursos, es por esto, que además de políticas poblacionales, se deben tomar ciertas posturas en cuanto al uso y desuso de los recursos naturales:

Los recursos naturales, están interrelacionados en muchas formas, pero todos dependen de la tierra, en consecuencia, cualquier uso que no sea el adecuado, genera un impacto que deteriora los recursos o disminuye el potencial productivo de la tierra generando desertificación. Para evitar esto, es necesario clasificar la tierra y determinar su uso potencial, esto debe constituir el criterio mediante el cual se deberá comparar el uso que se debe dar y el que se

da de hecho (uso actual). Es decir, se deben vincular las actividades humanas al territorio con una base ecológica u ordenamiento ecológico del territorio para generar una serie de alternativas de usos sin que se produzcan desequilibrios ecológicos.

El suelo como recurso natural se tiene que percibir como un ecosistema que constituye el hábitat de numerosas especies y no solo como un bien de comodidad. Si se altera una o más partes se puede trastornar y en caso extremo se puede causar un colapso, es decir, no puede considerarse como un recurso inagotable, debido a que su proceso de formación es muy lento. En consecuencia, resulta indispensable protegerlo del deterioro que puede deberse a la pérdida de fertilidad, a la erosión y a la contaminación. Aparte de los métodos de conservación para contrarestar el deterioro, son necesarios otros criterios como legislación y educación para el aprovechamiento racional del suelo.

El aire rodea a la tierra, sin su presencia la vida sería imposible, sin embargo, su contaminación reduce su calidad y en casos extremos lo vuelve inaccesible para el humano y otros organismos. La contaminación, generalmente ha sido local, pero en las últimas décadas sus consecuencias han trascendido las fronteras, y ha interaccionado con los procesos naturales alterando los patrones climáticos globales, tal y como sucede con el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono y el niño. Estas condiciones intensifican los problemas de la contaminación, por lo que el aire puro se torna escaso y por lo tanto tiene que conservarse, es decir, disminuir o remover los contaminantes y evitar las emisiones de ellos, principalmente los producidos por el uso de combustibles fósiles. Como alternativa, se debe aumentar el uso de combustibles limpios y máquinas con diseños mas eficientes. Sin embargo, se deben aplicar los lineamientos que se encuentran en la legislación, para prevenir y controlar la contaminación y se debe de fomentar la educación a la población para que consuman aquellos productos que no contaminen o lo hagan en menor grado.

El agua es uno de los recursos mas abundantes en la naturaleza y aunque no se produce agua nueva, la cantidad que

existe es la misma que ha existido y que existirá, al mismo tiempo es un factor indispensable para el humano y para sus actividades y para la vida en general. Sin embargo, se distribuye irregularmente en tiempo y espacio y tanto la escasez como el exceso representa problemas para el humano. El problema no lo constituye la cantidad, sino la disponibilidad del agua dulce por persona a nivel global y los serios desbalances a nivel regional por la contaminación o el sobreuso. Además, tiene que considerarse la interacción dual del clima en el aire y agua, o atmósfera y océanos con la contaminación del aire que alteran los patrones climáticos y acentúa los fenómenos como el niño, la oscilación del sur y la niña produciendo graves consecuencias.

Como consecuencia de lo anterior, se requiere desarrollar estrategias de manejo y conservación que aumenten su disponibilidad, principalmente aumentando o protegiendo la cubierta vegetal, debido a que ésta aumenta la infiltración y contribuye la recarga de los acuíferos subterráneos. Lo anterior se complementa con educación para un uso racional del agua y en casos extremos, reduciendo la demanda mediante varias técnicas o legislando para regular el uso de este recurso y prevenir o controlar su contaminación.

La mayor parte de energía que consume el humano, proviene directa o indirectamente del sol. La primera es mediante el uso de la radiación directa en las formas **pasiva** y **activa**, la segunda es mediante el uso de la energía del viento, energía hidráulica, biomasa (**recursos energéticos renovables**) y combustibles fósiles (**recursos energéticos no renovables**). Irónicamente, es esta última forma de donde procede la mayor parte de energía que consume la sociedad contemporánea, y es la que más contamina. La cantidad que se aprovecha directamente del sol es muy reducida debido a que es una energía de baja densidad que requiere mayor desarrollo tecnológico para convertir y almacenar eficientemente.

Otra forma de energía utilizada por el humano es la energía nuclear, sin embargo, también produce importantes problemas ambientales y sus desechos radiactivos son capaces de permanecer miles de años, y aún no se ha desarrollado un dispositivo seguro para depositarlos, lo que ha permitido una

baja aceptabilidad social.

Las formas anteriores de energía, son consumidas por el humano directamente en forma de alimentos (**energía endosomática**) o indirectamente (**energía exosomática**) para cocer sus alimentos, para transporte, luz, etcétera y se espera que para el año 2020 el mundo requiera 75% mas energía de la que consume actualmente, por lo que tiene que usarse menos de los recursos energéticos no renovables y más eficientemente, además, se deben considerar alternativas renovables acompañadas de programas de educación ambiental y legislación pertinentes al uso de energéticos.

El **pastizal** es un terreno de baja productividad potencial, debido a limitaciones físicas y por lo tanto, no adecuadas para el cultivo. Incluye cualquier tipo de vegetación que se utilice extensivamente a través del apacentamiento de animales domésticos y silvestres y además, constituye fuentes vitales de productos minerales, agua, fauna silvestre y recreación. En consecuencia, la delimitación del pastizal está íntimamente ligada con el concepto de uso de la tierra, de ahí la importancia de no abrir áreas de pastizal para la agricultura debido al incremento que eso ocasiona en el potencial de erosión.

La importancia de los pastizales está dada por varios factores; principalmente por la gran superficie que comprenden en el mundo (47%), es la fuente más barata de forraje, es importante fuente de biodiversidad, reciben la precipitación pluvial mediante la cual se reabastecen o recargan los mantos acuíferos.

Como efecto de la intensificación en el uso de los pastizales se ha incrementado cada vez más el número de animales por área, excediéndose en muchos casos la capacidad de carga y esto ha traído como resultado un **sobreapacentamiento** que produce impactos negativos tanto sobre la vegetación y fauna como sobre el suelo y la hidrología. En última instancia la degradación de los pastizales ha contribuido substancialmente a la desertificación como proceso antropogénico y se expresa en términos de **condición del pastizal**, es decir, la composición del pastizal en relación con su clímax o vegetación potencial. En consecuencia, su conservación

depende de la aplicación científica de sistemas de usos adecuados y de una legislación para regular esos usos.

El **bosque** es un ecosistema que involucra un medio ambiente físico y la totalidad de los organismos. Además de la presencia de árboles se caracteriza por presentar diversos componentes que proveen diferentes recursos al humano. La importancia de los bosques está dada por varios factores: cubren una tercera parte de la superficie de la tierra, es importante fuente de biodiversidad, reciben la precipitación pluvial mediante la cual se reabastecen o recargan los mantos acuíferos, además, es la fuente esencial de madera, cuyo uso más importante en los países subdesarrollados es como **combustible** (leña).

Los bosques han sido seriamente dañados o agotados en muchas partes del mundo, las principales causas son apertura agrícola, urbanización, producción de papel y la utilización de leña para producir energía. La conservación de los bosques, significa un aprovechamiento orientado en el principio de un máximo rendimiento continuo, que implica su mejoramiento y la inalterabilidad de su potencial productivo.

Ante la destrucción de los bosques tienen que implementarse programas de **reforestación** que eviten la erosión y pérdida general de productividad tomando en cuenta, además, que el remplazo de poblaciones diversas con comunidades genéticamente uniforme o monocultivo pone el futuro del bosque en riesgo porque atenta contra la biodiversidad. Por otro lado, se debe regular y fomentar la conservación mediante campañas de educación ambiental, sin embargo, mientras estas campañas no alcancen a las compañías madereras los efectos solo serán marginales. En consecuencia, la conservación también depende de la legislación para regular los aprovechamientos forestales.

Como se ha visto, la postura del humano respecto al uso de los recursos naturales se ha fundamentado en una actitud de dominio y explotación con una visión de corto plazo y centrada en su interés propio, es decir, con una actitud antropocéntrica y egocéntrica que asumía que los recursos se encontraban en cantidades ilimitadas para ser explotados. Sin embargo, existen serios límites a las formas de explota-

ción de la naturaleza, pues está constituida de recursos finitos. Por lo anterior es necesario consolidar una forma de pensamiento más flexible y realista, que vincule al pensamiento ético con la vida real y que se incluyan elementos sociales, económicos y políticos necesarios para conformar una teoría ética de cuyo análisis surjan conceptos fundamentados en los principios de conservación y sustentabilidad.

GLOSARIO

Abiótico. Componente sin vida del ambiente, por ejemplo, suelo, aire, agua.

Acuífero. Que contiene agua.

Acuífero fósil. Cuando la recarga es extremadamente pequeña o nula y se caracterizan por ser profundos y no renovables en la escala de tiempo humana.

Agostadero. Sitio donde agosta el ganado durante la seca en rastrojeras o dehesas.

Agotamiento. Fase que se alcanza cuando se extrae el último abasto de un recurso. Cuando es un recurso no renovable, se considera que alcanza el agotamiento cuando ha sido extraído y usado en un 80 por ciento del total estimado.

Agricultura orgánica. Producción de cultivos en forma natural, usando fertilizantes orgánicos y control de plagas y malezas evitando el uso de pesticidas y herbicidas.

Agua dulce. Agua que tiene una concentración de sales menor de 0.01% como resultado de la purificación por evaporación.

Agua salada. Agua que contiene al menos un 3% de sales (30 partes de sales por 1000 partes de agua).

Aire. Mezcla de varios gases, en su composición incluye nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, argón y otros gases semejantes a este.

Ambientalista. Persona interesada principalmente en impedir la contaminación y degradación del aire, suelo, agua y biodiversidad sobre la tierra.

Análisis Económico. Método que parte de una serie de supuestos y deduce lógicamente ciertas predicciones sobre la conducta económica de los individuos, las empresas o el conjunto de la economía.

Antropogénico. Acción o efecto producido directa o indirectamente por las actividades del hombre.

Apacentar. Proceso mediante el cual los animales domésticos y silvestres consumen plantas para adquirir energía y

nutrientes.

Areas naturales protegidas. Areas terrestres o acuáticas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el humano y que están sujetas a regímenes especiales de protección.

Atmósfera. Envoltura de aire que rodea el globo terráqueo. Se divide en varias capas: tropósfera, estratósfera, mesósfera y termósfera.

Autotrófico. Capacidad de un organismo para producir material orgánico a partir de químicos orgánicos y alguna fuente de energía.

BEN - Bienestar económico neto. Indicador de la producción nacional que corrige varias limitaciones del PNB.

Bien económico. Bien que es escaso en relación con la cantidad total que se desea. Por tanto, tiene un precio.

Biodegradable. Material que puede ser descompuesto en sustancias más simples (elementos o compuestos) por bacterias u otros descomponedores.

Biodiversidad. Variedad de formas de vida.

Bioma. Un bioma es una comunidad ecológica de plantas y animales que se extienden sobre una gran área natural.

Biomasa. La productividad primaria neta acumulada en un tiempo por las plantas.

Bioremedación. Tratamiento para eliminar los contaminantes biodegradables que consistente en la inyección de oxígeno y organismos.

Biótico. Organismo vivo.

BNN-Bienestar nacional neto. Medida económica del bienestar.

Bosque. Una comunidad vegetal compuesta de árboles con una cobertura mas o menos densa y extensiva.

Bosque abierto. Cuando la cobertura de las copas (aérea) de árboles es de 5 a 20%.

Bosque cerrado. Cuando la cobertura de las copas (aérea) de árboles es mayor del 20%.

Caloría. Es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado centígrado.

Capacidad de carga. Es el número mas grande de organismos de

cualquier especie que un hábitat pueda sostener indefinidamente.

Carbón. Combustible fósil sólido, que contiene de un 55 a 90% de carbono.

Celda fotovoltática. Artefacto en el cual la luz del sol es convertida directamente en energía eléctrica. También conocida como *celda solar*.

Celda solar. Véase *celda fotovoltática*.

Clorofluorocarbonos (CFCs). Familia de sustancias químicas inertes, compuestas de cloro, flúor y carbono, no son tóxicas y son fáciles de licuar, son ampliamente usados en refrigeración y muchos procesos industriales y contribuyen a la deterioración de la capa de ozono.

Combustible fósil. Depósitos de productos de descomposición de plantas y animales que ocurrió hace millones de años y se presenta como carbón, petróleo crudo y gas natural.

Condición del pastizal. Composición de un pastizal en relación con su clímax o vegetación potencial.

Conservación. Uso sensato o regulado, manejo planeado de los recursos naturales, de tal modo que no sean degradados o agotados y estén disponibles para el uso de las generaciones presentes y futuras.

Conservacionista. Persona que aplica o practica los principios de la conservación.

Consumo. Utilización directa de un recurso.

Contaminación. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante. Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Convección. Propagación del calor por masas móviles de materia, tales como corrientes de gases y líquidos, producidas por las diferencias de densidad.

Costo de oportunidad. Valor del siguiente mejor uso (u oportunidad) de un bien económico, o sea, valor de la alternativa sacrificada. El costo de oportunidad es especialmente útil para valorar los bienes que no se venden en el mercado como el medio ambiente.

CPG - Consumo per cápita de granos. Medida económica del bienestar basada en el consumo de granos.

Crecimiento económico. El aumento en la cantidad total de la riqueza de una nación, sin considerar el número total de habitantes.

Crecimiento exponencial. Crecimiento, especialmente en el número de organismos de una población, que es una función simple de el tamaño del crecimiento de una entidad; la entidad más grande, el crecimiento más rápido.

Crecimiento limitado. Crecimiento, especialmente en el número de organismos que constituyen una población, que crece lento y firmemente como una entidad para acercarse a su máximo tamaño.

Cultura. Patrón integrado de comportamientos, conocimientos y creencias que los humanos generan y reciben en su sociedad en un momento histórico dado.

Cultura ecológica. Cultura que promueve la conservación de los recursos naturales.

Curva de demanda. Curva que muestra la cantidad de un bien que los compradores adquirirían a cada uno de los precios, manteniéndose todo lo demás constante.

Curva de la oferta. Curva que muestra la cantidad de un bien que los oferentes desean vender en un mercado dado a cada uno de los precios, manteniéndose todo lo demás constante.

Degradable. Químico potencialmente contaminante que es descompuesto completamente o reducido a niveles aceptables.

Demanda. Cantidad de un artículo o recurso que los consumidores están dispuestos o necesitan comprar o consumir en un período de tiempo específico.

Demografía. Estudio estadístico de una colectividad humana según su composición y estado de un determinado momento, o según su evolución histórica.

Densidad. Número de individuos por unidad de superficie o volumen.

Desarrollo económico. Representa un crecimiento en el ingreso promedio, definido como ingreso per cápita.

Desequilibrio ecológico. La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Desertificación. Destrucción o disminución del potencial productivo de la tierra que puede terminar en definitiva en condiciones de tipo desértico.

Desertificado. Tierra que ha perdido su productividad significativamente en un 25% o más debido al mal manejo del humano.

Desertización. Proceso natural de disminución del potencial productivo de la tierra que puede terminar en condiciones de tipo desértico y necesita de una escala de tiempo geológico para manifestarse.

Determinístico. En matemáticas, se refiere a una relación fija entre dos o más variables, sin tener en cuenta el efecto de la oportunidad en el resultado de casos particulares.

Dióxido de carbono (CO₂). Gas-no-venenoso, incoloro, e inodoro resultante de la combustión de combustibles fósiles y es un elemento normal del ambiente en la atmósfera.

Diversidad biológica. Véase *Biodiversidad*.

Ecología de poblaciones. Rama de la ecología que se ocupa de estudiar la regulación del tamaño de las poblaciones incluyendo factores como la natalidad, mortalidad y la dispersión.

Economía capitalista. Una economía en el que las cuestiones del *qué*, el *cómo* y el *para quién* que se refieren a la asignación de los recursos son determinadas principalmente por la oferta y la demanda en los mercados.

Economía centralizada. Modo de organización económica en el que las funciones económicas clave -el *qué*, el *cómo* y el *para quién*- son desempeñadas principalmente por el Estado.

Economía ecológica. Economía fundamentada en ciclos productivos y de consumo compatibles con el ecosistema.

Economía de mercado. Una economía en el que las cuestiones del *qué*, el *cómo* y el *para quién* que se refieren a la asignación de los recursos son determinadas principalmente por la oferta y la demanda en los mercados.

Economía del bienestar. Análisis normativo de los sistemas económicos, es decir, estudio de lo que es "correcto" en el funcionamiento de la economía.

Economía mixta. Tipo dominante de organización económica en los países no comunistas. Se basa principalmente en el sistema de precios para su organización económica pero utiliza toda una variedad de intervenciones del Estado (como los impuestos, el gasto y la regulación) para hacer frente a la inestabilidad macroeconómica y a los fallos del mercado.

Economía planificada. Modo de organización económica en el que las funciones económicas clave -el *qué*, el *cómo* y el *para quién*- son desempeñadas principalmente por el Estado.

Ecosistema. Es una unidad funcional consistente de organismos (incluyendo al humano) y las variables del medio ambiente de un área específica.

Educación. Proceso de enseñanza aprendizaje.

El *qué*, el *cómo* y el *para quién*. Los tres problemas fundamentales de la organización económica. El *qué* se refiere a la cantidad que debe producirse de cada bien y servicio posible con la cantidad limitada de recursos o factores de la sociedad. El *cómo* es la elección de la técnica con la que ha de producirse cada bien. El *para quién* se refiere a la distribución de los bienes de consumo entre los miembros de esa sociedad.

Emigración. El movimiento de un individuo o sociedad de un lugar a otro.

Emisión. Descarga de un contaminante de una fuente en el ambiente.

Endémico. Se refiere a una especie que es nativa de un particular y no es encontrado en ninguna otra parte.

Energía. Capacidad para producir trabajo.

Energía cinética. Energía en acción o movimiento.

Energía eólica. Energía proveniente del viento.

Energía geotérmica. Energía proveniente del calor de la corteza terrestre.

Energía hidráulica. Energía proveniente del agua.

Energía nuclear. Energía liberada cuando el núcleo de un átomo padece una reacción nuclear tal como la emisión espontánea de radiactividad, fusión nuclear o fisión nuclear.

Energía potencial. Energía almacenada o inactiva.

Energía solar. Energía derivada del sol. Incluye la energía solar directa y varias formas indirectas (como el viento, caída y flujo del agua, biomasa, etc.)

Epilimnio. Capa superior de los lagos con altos niveles de oxígeno disuelto, calentada por el sol y mezclada por el viento y otras corrientes.

Erosión. Proceso de desprendimiento, arrastre y deposición

del suelo, ocasionado por agentes externos principalmente el agua o el viento.

Escasez. Es una condición económica básica en el cual las necesidades exceden los recursos disponibles para satisfacerlos.

Esperanza de vida. El número de años de vida que restan.

Estocástico. Se refiere a las propiedades de la probabilidad matemática.

Estratósfera. Segunda capa de la atmósfera, que se extiende de los 17 a los 50 Km de la superficie terrestre.

Estructura jerárquica. Característica de los niveles de integración, en el cual un nivel cualquiera está contenido en el siguiente, con el consecuente aumento de complejidad.

Estructura por edades. Número de individuos en cada categoría de edad, formando una pirámide de edades o pirámide poblacional que presenta la distribución de una población por edad y por sexo. Se reconocen tres patrones básicos: **prereproductiva** (población en crecimiento o joven), **reproductiva** (población estable) y **postreproductiva** (población decadente).

Estuario. Zona de transición entre la mayoría de los ríos y los mares.

Etica. Parte de la filosofía, que trata de la moral y de las obligaciones del humano.

Etica ambiental. Etica que se fundamenta en los principios de conservación y sustentabilidad.

Eutroficación. Cambios físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en un cuerpo de agua, después de recibir nutrientes de plantas, de la erosión del suelo, etc.

Exósfera. Capa que se encuentra más allá de la termósfera, a partir de los 400 km de la superficie terrestre.

Externalidad. Efectos positivos o negativos que la gente recibe y que no están directamente involucrados en la actividad económica ordinaria

Extinción. Completa desaparición de una especie.

Factores económicos. Véase *Bien económico*.

Fallo del mercado. Imperfección de un sistema de precios que impide que se asignen eficientemente los recursos.

Fauna. Todas las especies de anfibios, aves, peces, mamífe-

ros y reptiles presentes en una área.

Fauna silvestre. Animales de vida libre que no son domesticados.

Fecundidad. Procreación real de un individuo, pareja, grupo o población.

Fecundidad a nivel de reemplazo. Nivel de fecundidad en el cual un grupo de hembras tiene, en promedio, hijas suficientes para "reemplazarse a sí mismas" en la población.

Fertilidad. Capacidad física de las parejas para reproducirse.

Fertilidad del suelo. Capacidad inherente de un suelo para aportar nutrientes necesarios a las plantas en cantidades y proporciones adecuadas.

Fertilizante orgánico. Material orgánico tal como estiercol, composta y abonos verdes aplicados a los cultivos como una fuente de nutrientes para las plantas.

Fisión nuclear. Reacción nuclear, producida por rompimiento de un núcleo de un átomo, que da lugar a una gran liberación de energía.

Flujo de energía. Es la entrada, conversión y paso de energía a través de organismos o a través de un ecosistema.

Fotosíntesis. Formación de carbohidratos a partir del bióxido de carbono y agua utilizando la luz como energía.

Frontera de posibilidades de producción. Cantidades máximas de producción que se pueden obtener de dos productos con un recurso limitado.

Fuente definida de contaminación. Fuente específica de descarga de contaminantes al ambiente, por ejemplo, el escape de un automóvil.

Fuente no definida de contaminación. Fuente de contaminación que no tiene un punto específico de descarga, por ejemplo, la contaminación por pesticidas o fertilizantes en una gran área agrícola.

Fusión nuclear. Reacción nuclear, producida por la unión de dos núcleos ligeros, que da lugar a un núcleo más pesado, con gran desprendimiento de energía. La fusión de los núcleos del hidrógeno en el Sol es el origen de la energía solar.

Gas natural. Combustible fósil compuesto de una mezcla de hidrocarburos de bajo peso molecular.

Globalización. Nuevo estadio en el desarrollo del sistema capitalista que deja atrás los límites del Estado-nación para desenvolverse en un ámbito de intereses fundados en espacios supranacionales o transnacionales.

Hábitat. Suma total de condiciones ambientales de un lugar específico que es ocupado por un organismo, población o comunidad.

Herbivoría. Consumo de plantas por animales de tal manera que incluye tanto el consumo de material herbáceo como el de material leñoso.

Hidroarcenicismo. Problemas causados por ingerir arsénico disuelto en agua, tales como enfermedades cardiovasculares y cancer.

Hipolimnio. Capa mas profunda de los lagos, que no es calentada ni mezclada y generalmente tiene una concentración muy baja de oxígeno.

IBES-Índice del bienestar económico sostenible. Medida económica del bienestar.

IDH-Índice de desarrollo humano. Medida económica del bienestar.

Impacto ambiental. Modificación del ambiente ya sea beneficioso o perjudicial, ocasionado directa o indirectamente por la acción humana.

Impacto ecológico. El efecto que tiene la actividad del humano o el fenómeno natural en los organismos vivos y en el medio ambiente no vivo (abiótico).

Impeler. Dar empuje para producir movimientos.

Inmigración. Llegar a un lugar para establecerse en él.

Interdisciplinario. Proveer una visión integral de la problemática global para tomar desiciones con respecto a alternativas de conservación, manejo, legislación y educación para llegar a un uso sustentable de los recursos.

Intrusión de agua salada. Reemplazamiento del agua dulce por agua salada en los acuíferos en las zonas costeras como resultado de una tasa de extracción mayor a la de recarga natural.

Kilocaloría. Una kilocaloría es igual a 1000 calorías. (Véase caloría).

Lago eutrófico. Lago con gran aporte de nutrientes y producción de fitoplancton y zooplancton.

Lago mesotrófico. Lago con un aporte de nutrientes menor que el eutrófico y mayor que el oligotrófico.

Lago oligotrófico. Lagos muy pobres en nutrientes y su flora microscópica es muy escasa. Sus aguas, suelen ser muy claras, frías y con alto contenido de oxígeno y generalmente se encuentran en altas elevaciones y en las regiones subpolares.

Legislación. Conjunto o cuerpo de leyes por las cuales se gobierna un Estado, o una materia determinada.

Lentamente degradable. Material que necesita mucho tiempo para degradarse. Ejemplos, mayoría de los plásticos, aluminio, DDT, CFCs.

Leña. Trozo de madera destinado para la lumbre.

Ley de la demanda. Si el precio es el único factor que afecta la demanda de mercado para un bien económico, entonces si el precio asciende la demanda cae, y si su precio cae, la demanda incrementa.

Ley de la oferta. Si el precio es el único factor que afecta la oferta de mercado para un bien económico, entonces si su precio aumenta, los productores tratarán de ofrecer más, y si su precio cae los productores disminuirán su producción.

Lluvia ácida. Fenómeno que resulta cuando las emisiones de componentes de azufre y nitrógeno y otras sustancias son transformadas por procesos químicos en la atmósfera y son depositados en forma seca (gases acídicos) o húmeda (lluvia ácida).

Macronutriente. Elementos que son requeridos por los organismos en grandes cantidades.

Materia. Es algo que ocupa un lugar en el espacio y tiene masa. Refiérase a cualquier gas, líquido o sólido.

Mesósfera. Tercera capa de la atmósfera, encontrada arriba de la estratósfera.

Microeconomía. Análisis que se ocupa del comportamiento de elementos individuales de una economía, como la determinación del precio de un único producto o el comportamiento de un único consumidor o empresa.

Micronutriente. Elementos que son requeridos por los organismos en pequeñas cantidades.

Mortalidad. Número de defunciones en una población.

Natalidad. Número de nacimientos en una población.

Nivel de integración. Nivel de organización de la materia, con características propias que lo diferencian de los demás.

No degradable. Material que no es descompuesto por procesos naturales. Ejemplos, mercurio y plomo.

Oferta. Relación entre la cantidad de un artículo o recurso que un productor esta dispuesto a vender y su precio.

Ordenamiento ecológico del territorio. Proyección espacial de las políticas social, cultural, ambiental y económica de una sociedad, es decir, vincula los usos del territorio con una base ecológica.

Oxidantes. Grupo de contaminantes del aire que son fuertes agentes de la oxidación.

Oxidos de nitrógeno (NO_x). Compuestos químicos que contienen nitrógeno y oxígeno, en la presencia de calor y luz solar reaccionan con compuestos orgánicos volátiles para formar ozono y son los principales precursores de la lluvia ácida.

Ozono. Compuesto que consiste de tres átomos de oxígeno, resultado de reacciones químicas en la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles, oxidos de nitrógeno y luz solar.

Ozono, capa de. (Ozonósfera) Capa estratosférica que absorbe las radiaciones ultravioleta que provienen del Sol.

Ozono, destrucción de la capa de. Agotamiento semipermanente de la concentración del ozono estratosférico sobre una región polar. Más permanente en el Polo Sur.

Ozonósfera. Véase Capa de ozono.

Pacer. Véase *Apacentar*

Paisaje. Es un área heterogénea de la tierra compuesta de un grupo de ecosistemas interaccionados que son repetidos en forma similar en todas partes.

Pastizal. Areas de baja productividad potencial, debido a limitaciones físicas y por lo tanto, no adecuadas para el cultivo.

Pastizal inducido. Es aquel en el que la vegetación nativa ha sido substituida por otra, debido a una intervención del humano pero en la cual la vegetación que ocupa el lugar de la nativa incurrió por sí misma a la región.

Pastizal introducido. Es aquel que ha sido creado por intervención directa del humano e implica la substitución de un pastizal nativo.

Pastizal nativo. Es aquel en el que la vegetación está compuesta por las especies originales de la región.

Pastorear. Llevar los ganados al campo y cuidar de ellos mientras pacen.

Pedología. Parte de la ciencia del suelo que integra el estudio de génesis y clasificación de suelo.

Petróleo crudo. Combustible fósil consistente en una mezcla líquida de proporciones ampliamente variables de hidrocarburos.

pH. Medida de la acidez o alcalinidad, de acuerdo a la concentración de iones hidrógeno. Un pH de 7 es neutro, menor a éste es ácido y mayor es alcalino.

Pirámide poblacional. Véase *Estructura por edades*.

PNB nominal - Producto nacional bruto nominal. Valor a los precios actuales de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos durante un año por un país.

PNB real - Producto nacional bruto real. PNB ajustado para tener en cuenta las variaciones de los precios.

Población. Grupo de organismos de la misma especie que se encuentra ocupando un espacio específico en un momento dado

Población mínima viable. Persistencia de una especie en un ambiente que no impida la capacidad natural de recuperación.

Política. Es un curso de acción planeado para alcanzar algún objetivo.

Política distributiva. Política que incluye permisos y subsidios que dan protección a ciertos intereses contra competencia y asegura o provee beneficios directos.

Política redistributiva. Política relacionada con la economía y la sociedad, incluye acciones del gobierno que afectan los impuestos, el crédito, la seguridad social, etc.

Política regulatoria. Política que busca cambiar el comportamiento individual directamente imponiendo normas.

Polución. Véase *Contaminación*.

Potencial biótico. Capacidad de los organismos para reproducirse bajo condiciones óptimas.

Pradera. Es una área en la que se han establecido plantas capaces de rebrotar después de ser cortadas por el diente del animal o por el filo de la cegadora.

Pradera cultivada. Cualquier pradera establecida y mantenida por técnicas agronómicas.

Pradera irrigada. Pradera cultivada y mantenida bajo riego.

Precipitación. Agua en forma de lluvia, que cae desde la atmósfera.

Preservación. Se refiere a la protección sin importar su utilidad potencial.

Preservacionista. Persona que protege a los recursos sin hacer uso de ellos.

Principio de escasez. Principio según la cual la mayoría de las cosas que desean los individuos sólo pueden obtenerse en una oferta limitada.

Producción primaria. Energía acumulada por las plantas.

Productividad Primaria. Tasa a la cual la energía es almacenada en un ecosistema

Productividad primaria neta (PPN). Cantidad total de energía solar convertida en energía bioquímica a través de la fotosíntesis de las plantas menos la energía que ellas utilizan en sus procesos de vida.

Punto de equilibrio. Estado en el cual los vendedores y compradores de un bien económico están de acuerdo en la cantidad a ser producida y el precio a ser pagado.

Ramonear. Consiste en pacer los animales las hojas y las puntas de las ramas.

Recurso de abasto. Recurso que se formó con anterioridad, habiéndose suspendido su formación y se encuentra en cantidades fijas.

Recurso de flujo. Recurso que se renueva naturalmente.

Recurso Natural. Aquello que se obtiene del medio ambiente para satisfacer las necesidades del humano.

Renovabilidad. Capacidad de los recursos renovables para regenerarse por procesos naturales dentro de un período de tiempo aplicable a la vida del humano.

Reserva. Cantidades conocidas de un recurso.

Residuo peligroso. Residuos que presentan un riesgo (radiactivo, tóxico, etc.) para la salud de los seres vivos o para el ambiente.

Residuo sólido. Cualquier desecho que no sea líquido o gas.

Resistencia ambiental. Factores bióticos y abióticos que limitan a los organismos para alcanzar su potencial biótico.

Revolución verde. Se refiere al desarrollo e introducción de nuevas variedades de granos (maíz, trigo y arroz principalmente) que con altos insumos de fertilizantes y agua aumentan dramáticamente la producción por unidad área.

Sabana. Llanura tropical o subtropical, cubierta de vegetación herbácea, con escasos árboles dispuestos en grupos.

Salinización. Acumulación de sales en los suelos.

Silvicultura. Ciencia que se ocupa del estudio de los bosques.

Sinergismo. Fenómeno en el cual el efecto de una combinación de materiales es diferente (generalmente mas grande) de la suma de los efectos separados de las sustancias.

Sistema. Conjunto de partes que interactúan para llevar a cabo una función.

Sistema ecológico. Véase *Ecosistema*.

Smog. Contracción de las palabras inglesas "smoke" (humo) y "fog" (niebla).

Smog fotoquímico. Es el resultado de la reacción química de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y la luz solar.

Sobreapacentamiento. Efecto originado por el exceso de la capacidad de carga de un pastizal que produce impactos negativos sobre la vegetación, fauna, suelo, e hidrología.

Sostenibilidad. Véase *Sustentabilidad*.

Suelo. Superficie de la tierra formando un ecosistema complejo compuesto de minerales inorgánicos, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos.

Sustentabilidad. Es la tasa más alta en la cual un recurso renovable puede ser usado sin disminuir su potencial para renovarse.

Tasa. Es la frecuencia de los eventos demográficos acaecido en una población durante un determinado período de tiempo.

Tasa de fertilidad. El número de nacimientos por 1000 hembras de una población que son capaces de reproducirse.

Tasa intrínseca de crecimiento. La fracción por la cual una

población esta creciendo en cada instante del tiempo. Es simbolizado por r .

Tasa reproductiva neta. El número promedio de hijas hembras producidas por cada hembra durante su vida entera. Simbolizado por R_0 .

Teoría de precios. Véase *Microeconomía*.

Termoclino. Capa intermedia de los lagos que separa el epilimnio del hipolimnio.

Termósfera. Cuarta capa de la atmósfera, encontrada sobre la mesósfera.

Tierra. Es el área específica de la superficie terrestre cuyas características comprenden todos los atributos de la biosfera que se encuentran arriba y abajo de esa área, incluye la atmósfera, el suelo, la roca subyacente, la topografía, el agua, las poblaciones de plantas y animales y los resultados de las actividades del humano.

Tropósfera. Primer estrato de la atmósfera, contiene el 75% de las masas de aire de la tierra y se extiende hasta los 17 km snm en el ecuador y 8 km en los polos.

Uso actual. Es el uso actual que recibe una determinada área o porción de terreno incluido el tipo y grado de manejo.

Uso de la tierra. Es cualquier tipo de intervención humana, cíclica o permanente que se lleva a cabo para satisfacer las necesidades del humano a partir del complejo de los recursos naturales que en conjunto se conocen como "tierra".

Uso potencial. es la capacidad potencial de un área dada para sostener diferentes tipos de utilización bajo condiciones culturales y socioeconómicas.

Vocación natural. Capacidad del suelo para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos.

Zona eufótica. Véase *Zona litoral*

Zona limnética. Zona de agua abierta, hasta la profundidad de penetración de la luz, donde el nivel de la intensidad alcanza el 1%.

Zona litoral. Región de agua somera, con penetración de luz hasta el fondo.

Zona profunda. Área del fondo de un lago que queda mas allá de la penetración de la luz.