



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Del 20 de Marzo al 12 de Abril de 2006

APUNTES GENERALES

CI - 020

Instructor: Biol. Víctor Hugo Lira Martínez
JEFATURA DELEGACIONAL EN LA MAGDALENA CONTRERAS
MARZO/ABRIL DE 2006

Conservación de Recursos Naturales**Objetivo general del curso:**

Al término del curso, el participante reconocerá para su aplicación las técnicas de administración de recursos naturales con relación a los procesos productivos y las actividades de consumo, su distribución y los límites de disponibilidad con que se cuenta para alcanzar un desarrollo sustentable. Así como conocerá el beneficio del trabajo en equipo para el logro del objetivo del Programa General de Desarrollo 2000-2006 y adentrarse en la política delegacional 2003-2006.

Módulo II Introducción a la Legislación Ambiental, 20 y 22 de marzo (6 horas).**Objetivo del Módulo II:**

Que los participantes reconozcan los elementos jurídicos para una adecuada gestión ambiental.

1. Introducción a la Política Ambiental y Derecho
2. La Técnica tradicional de comando y control
3. Los instrumentos de política ambiental

Objetivo del Módulo III: Identificación de Especies (Fauna y Plagas), del 23 al 29 de marzo (15 horas).

Que los participantes reconozcan la importancia que tiene la conservación de la biodiversidad para la ciudad, por su potencial económico, turístico y de equilibrio ambiental.

1. Introducción a México, un país con mega diversidad
2. Flora y Fauna
3. Principales especies animales del Valle de México (musaraña, tlacuaches, murciélagos, conejos, ardillas terrestres, tuzas y ratones).
4. Principales especies vegetales (oyamel, pino, encino, arbustos de poca altura, matorrales, nopaleras, pastizales, vegetación de los márgenes de los lagos y plantas acuáticas)
5. Suelos de conservación
6. Acciones del Gobierno del Distrito Federal

Módulo IV Economía Ambiental, del 30 de marzo al 05 de abril (15 horas).**Objetivo del Módulo IV:**

Que los participantes revisen las políticas de economía ambiental, así como los instrumentos Económicos de la gestión ambiental.

1. Economía ambiental
2. Políticas e Instituciones
3. Instrumentos económicos de la gestión ambiental
4. Cuentas e Indicadores ambientales

-
5. Agenda ambiental de la economía urbana e industrial
 6. Economía de la biodiversidad

Módulo V Cultivos Alternativos, del 06 al 12 de abril (15 horas)

Objetivo del Módulo V:

Que los participantes reconozcan las técnicas para promover la transferencia, aplicación, adopción de nuevas tecnologías y asistencia técnica especializada para el fortalecimiento de las cadenas agroalimentarias, así como el desarrollo y manejo integral de las áreas de cultivo establecidas en los agro sistemas.

1. Transferencia de tecnología para el desarrollo integral rural
2. Sistemas de producción agropecuaria e impacto ambiental
3. Cultivos alternativos para el desarrollo agrícola sustentable
4. Biotecnología en cultivos
5. Recursos filogenéticos
6. Fisiología animal ambiental
7. Fauna Silvestre

MÓDULO II. INTRODUCCIÓN A LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN A LA POLÍTICA AMBIENTAL Y DERECHO (6 HORAS)

El desarrollo de la política ambiental en México

La política ambiental mexicana es, en el sentido de un conjunto de medidas aplicadas explícitamente a la finalidad de proteger el ambiente, relativamente reciente. Data de poco más de dos décadas, tanto en términos de desarrollo institucional como de instrumentos aplicados explícitamente con propósitos ambientales.

La orientación inicial y la mayor parte de su desarrollo han seguido, esencialmente, el modelo de comando y control en su modalidad estadounidense, adaptada a las condiciones económicas del país. Esto se refleja en las normas oficiales mexicanas (de aplicación obligatoria), en el desarrollo de la evaluación de impacto ambiental y en los sistemas de permisos, autorizaciones y licencias de operación de la industria, que sólo recientemente han empezado a adquirir formas diferentes y más ágiles.

Haremos un breve recuento de la evolución de los instrumentos de la regulación ambiental mexicana, a partir de temas y posteriormente de manera integrada, señalando las nuevas tendencias.

Derecho Ambiental

Tiene como objetivo: Analizar y conocer los aspectos jurídicos relacionados con el Derecho Ambiental; actualizarse en la legislación vigente en materia de Protección Ambiental, aprender los procedimientos jurídico administrativos establecidos en las leyes sectoriales; así como las figuras jurídicas y procedimientos civil y penal auxiliares en materia Ambiental. Con el objeto de que los participantes cuenten al concluir el Diplomado con los elementos jurídicos para una adecuada gestión ambiental y defensa legal, en su caso.

INTRODUCCION AL DERECHO AMBIENTAL.

Objetivo.- Comprender y conocer el alcance del derecho ecológico, la problemática actual ambiental, las instituciones públicas encargadas de administrar y custodiar los recursos naturales y el medio ambiente, así como la legislación aplicable en la materia.

1.1. Introducción

- Problemática Ecológica actual.
- Concepto de Derecho Ecológico.
- Conceptos fundamentales en materia ambiental.
- Ubicación dentro del Derecho en General.
- Marco Jurídico Ambiental.

1.2. Bases Constitucionales

- Artículo 4º
- Artículo 25

- Artículo 27
- Artículo 28
- Artículo 73
- Artículo 115
- Artículo 124

1.3. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

- Las Secretarías de Estado auxiliares en la Protección Ambiental.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

1.4. Distribución de Competencias

- Facultades de la federación
- Facultades de los estados
- Facultades de los municipios

1.5. Organos Administrativos

- Instituto Nacional de Ecología.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- Comisión Nacional del Agua.

1.6. Temas selectos en materia ambiental

- Intereses Difusos
- Alimentos Transgénicos
- Ley Federal de Variedades Vegetales
- Norma Internacional ISO 14001 (Sistema de Administración Ambiental) A

LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.

Objetivo.- Analizar, estudiar, comprender y aplicar la ley marco y sus reglamentos, los procedimientos administrativos que se derivan de dicha ley, así como las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en la materia.

2.1. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

- Disposiciones Generales.
- Biodiversidad.
- Aprovechamiento Sustentable.
- Protección al Ambiente.
- Participación Social e Información Ambiental.
- Inspección y vigilancia.
- Denuncia Popular.

2.2. Reglamentos aplicables a la materia.

- En materia de Impacto Ambiental.
- En Materia de Residuos Peligrosos.
- En materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

- Para la Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras materias.
- Para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión del Ruido.
- En Materia de Áreas Naturales Protegidas.

MÓDULO III.- LEY DE AGUAS NACIONALES.

Objetivo.- Conocer, comprender y aplicar la Ley de Aguas nacionales y su Reglamento, en concordancia, con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como Normas Oficiales Mexicanas de la Materia. Asimismo su marco jurídico fiscal, con el objeto de tener elementos para una adecuada gestión en asuntos de la materia ante la Comisión Nacional del Agua.

3.1. Ley de Aguas Nacionales.

- Disposiciones Preliminares.
- Administración del Agua.
- Programación Hidráulica.
- Derechos de uso o aprovechamiento de aguas nacionales
- Zonas reglamentadas, de veda o de reserva.
- Usos del agua.
- Prevención y control de la contaminación de las aguas.
- Inversión en Infraestructura Hidráulica.
- Bienes a cargo de la CNA.
- Infracciones, Sanciones y Recursos.

3.2. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

3.3. Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la materia.

3.4. Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

- Objeto de la ley.
- Contenido de la ley.

3.5. Casos prácticos.

LEY FORESTAL.

Objetivo.- Conocer, comprender y aplicar la Ley Forestal y su Reglamento, específicamente los procedimientos administrativos, así como las Normas Oficiales Mexicanas de la materia, para una adecuada gestión ante las autoridades correspondientes.

4.1. Ley Forestal.

- Disposiciones Generales.
- Administración y Manejo de Recursos Forestales.

- Fomento a la Actividad Forestal.
- Visitas de Inspección, Auditorías Técnicas, Medidas de Seguridad e Infracciones.

4.2. Reglamento de la Ley Forestal.

4.3. Normas Oficiales Mexicanas aplicables en la materia.

4.4. Casos Prácticos.

LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.

Objetivo: Conocer, comprender y aplicar la Ley de Vida Silvestre, específicamente los procedimientos administrativos, así como las Normas Oficiales Mexicanas de la materia, para una adecuada gestión ante las autoridades correspondientes.

5.1. Ley General de Vida Silvestre

- Disposiciones Preliminares.
- Política Nacional en Materia de Vida Silvestre y su Hábitat.
- Autoridades en la materia.
- Concertación y Participación Social.
- Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.
- Conservación de la Vida Silvestre.
- Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.
- Medidas de Control y de Seguridad, Infracciones y Sanciones.

5.2. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994.

5.3. Análisis de casos en clase.

LEY FEDERAL DE PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO.

Objetivo: Conocer, comprender y aplicar la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, como ley supletoria a las leyes administrativas en materia ambiental, con el objeto de establecer adecuadamente defensas jurídicas ante la autoridad ambiental o en su caso para realizar las gestiones ambientales pertinentes.

6.1. Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

- Ambito de aplicación y principios generales.
- Régimen jurídico de los actos administrativos.
- El Procedimiento Administrativo.
- Las infracciones y sanciones Administrativas.
- Medidas de Seguridad.
- Recurso de Revisión.

6.2. Casos prácticos, relacionados con la materia ambiental.

DERECHO CIVIL Y PENAL EN LA PROTECCION DEL AMBIENTE.

Objetivo: Conocer, comprender y aplicar las figuras jurídicas de responsabilidad objetiva en materia de Derecho Civil y los delitos ambientales en materia penal, como elementos esenciales en la protección del ambiente. Asimismo los procedimientos

Tanto civil como penal para asesorar de manera adecuada a los particulares o en su caso, a los funcionarios públicos, involucrados en estos asuntos.

7.1. Código Civil para el Distrito Federal en materia común y para toda la República en materia federal.

- Responsabilidad Civil Objetiva (artículo 1913 del Código Civil).

7.2. Código Federal de Procedimientos Civiles.

- Litigio.
- Pruebas.
- Recursos.
- Juicio.

7.3. Atribuciones de la Fiscalía Especial para la atención de delitos ecológicos.

7.4. Código Penal para el Distrito Federal en materia del fuero común y para toda la República en materia federal.

- Delitos Ecológicos.

7.5. Garantías Constitucionales del Procesado

- Artículo 14.
- Artículo 16.
- Artículo 21.

7.6. Código Federal de Procedimientos Penales.

- Averiguación previa.
- Preinstrucción.
- Instrucción.
- Pruebas, conclusiones y sobreseimiento.
- Juicio y recursos.

Artículo 15 Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el ejecutivo federal observara los siguientes principios:

I.- Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país;

II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;

III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;

IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, esta obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;

V.- La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinaran la calidad de la vida de las futuras generaciones;

VI.- La prevención de las causas que los generan, es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos;

VII.- El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad;

VIII.- Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos;

IX.- La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas;

X.- El sujeto principal de la concertación ecológica son no solamente los individuos, sino también los grupos y organizaciones sociales. El propósito de la concertación de acciones ecológicas es reorientar la relación entre la sociedad y la naturaleza;

XI.- En el ejercicio de las atribuciones que las leyes confieren al estado, para regular, promover, restringir, prohibir, orientar y, en general, inducir las acciones de los particulares en los campos económico y social, se consideraran los criterios de preservación y restauración del equilibrio ecológico;

XII.- Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades en los términos de esta y otras leyes, tomaran las medidas para garantizar ese derecho;

XIII.- Garantizar el derecho de las comunidades, incluyendo a los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la salvaguarda y uso de la biodiversidad, de acuerdo a lo que determine la presente ley y otros ordenamientos aplicables;

XIV.- La erradicación de la pobreza es necesaria para el desarrollo sustentable;

XV.- Las mujeres cumplen una importante función en la protección, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en el desarrollo. Su completa participación es esencial para lograr el desarrollo sustentable;

XVI.- El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población;

XVII.- Es interés de la nación que las actividades que se lleven a cabo dentro del territorio nacional y en aquellas zonas donde ejerce su soberanía y jurisdicción, no afecten el equilibrio ecológico de otros países o de zonas de jurisdicción internacional;

XVIII.- Las autoridades competentes en igualdad de circunstancias ante las demás naciones, promoverán la preservación y restauración del equilibrio de los ecosistemas regionales y globales;

XIX.- A través de la cuantificación del costo de la contaminación del ambiente y del agotamiento de los recursos naturales provocados por las actividades económicas en un año determinado, se calculara el producto interno neto ecológico. el instituto nacional de estadística, geografía e informática integrara el producto interno neto ecológico al sistema de cuentas nacionales, y

XX.- La educación es un medio para valorar la vida a través de la prevención del deterioro ambiental, preservación, restauración y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas y con ello evitar los desequilibrios ecológicos y daños ambientales.

Artículo 16 Las entidades federativas y los municipios en el ámbito de sus competencias, observaran y aplicaran los principios a que se refieren las fracciones I a XV del artículo anterior.

Políticas Ambientales

Las políticas son el conjunto de objetivos, principios, criterios y orientaciones generales para la protección del medio ambiente de una sociedad particular.

En Colombia, desde 1974 se ha expedido cada cuatro años una política nacional ambiental. La política ambiental, contenida en el Plan Nacional de Desarrollo 1990-1994 ordenó, entre otros, la creación del Ministerio del Medio Ambiente y la contratación de créditos con la banca multilateral con el fin de fortalecer la gestión ambiental.

El Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998, aprobado por el Congreso de la República en el ámbito del nuevo orden constitucional, estableció la política ambiental denominada "Hacia el desarrollo humano sostenible". Plantea cinco objetivos básicos: promover una nueva cultura del desarrollo, mejorar la calidad de vida, promover una producción limpia, desarrollar una gestión ambiental sostenible y orientar comportamientos poblacionales. Formuló siete programas y acciones para el mejoramiento ambiental: protección de ecosistemas estratégicos, mejor agua, mares limpios y costas limpias, más bosques, mejores ciudades y poblaciones, política poblacional, y producción limpia. Y prevé siete acciones instrumentales para el desarrollo de los objetivos y programas: educación y concientización ambiental, fortalecimiento institucional, producción y democratización de la información, planificación y ordenamiento ambiental, y cooperación global.

El Plan Nacional de Desarrollo 1998-2002 incorpora "El proyecto colectivo ambiental para construir la paz" y define al agua como tema prioritario y eje articulador de la política ambiental. Se señalan siete programas prioritarios: agua, biodiversidad, bosques, calidad de vida urbana, producción más limpia, mercados verdes y sostenibilidad de los procesos productivos endógenos. Registra una continuidad en relación con la política ambiental de los dos periodos anteriores, así como continuidades con las políticas nacionales de los años setenta y ochenta como se tipifica en el caso de los bosques.

En los tres planes nacionales de desarrollo expedidos en la década de los noventa se advierte continuidad y la paulatina incorporación de la dimensión ambiental en algunas políticas sectoriales, un hecho que se relaciona con las competencias que tiene el Ministerio de Ambiente en materia de su definición, conjuntamente con otros ministerios.

1. La Técnica tradicional de comando y control

El efecto económico de los instrumentos de comando y control tradicional

Dentro de la definición muy general de instrumentos económicos que se ha adoptado cabe asimismo analizar los demás instrumentos regulatorios (límites de emisión, permisos, licencias, etc.) desde una perspectiva económica, en la medida en que afectan las decisiones y la conducta de los agentes. Si bien no se trata de herramientas económicas en un sentido estricto, es indudable que generan costos y beneficios ambientales y pecuniarios que deben ser tomados en consideración.

Este planteamiento, que crece en aceptación, se traduce en intentos de medir la costo-efectividad de los instrumentos específicos empleados, provengan o no de una tradición de comando y control, e incluso en tratar de aplicar herramientas de costobeneficio típicas de la evaluación social de proyectos, con toda la gama de problemas asociados a estas formas de evaluación cuando se carece de elementos medibles y susceptibles de ser valorizados. Algunos instrumentos típicos de comando y control pueden inhibir las opciones de los agentes en materia de selección de técnicas, insumos o productos, sea directamente o a través de efectos en costos y precios. Otros, por su diseño, asignan derechos de propiedad dentro de ciertos límites

para bienes que de otra manera serían totalmente públicos, o modifican los costos relativos del uso de medios diferentes (agua, aire y suelo).

Tal es el caso de las normas o estándares que establecen límites de emisión hacia medios particulares, sin establecer costos pecuniarios para quienes hacen uso de dichos medios dentro de los límites establecidos.

Mediante las normas se pueden establecer, directa o indirectamente, restricciones sobre la gama de opciones técnicas disponibles, o favorecer implícita e incluso explícitamente alguna técnica. Esto resulta particularmente cierto cuando las normas se desarrollan basadas en la mejor técnica disponible, como en el caso de la Unión Europea,⁵ donde sin señalar las técnicas específicas ni hacer referencia a soluciones e proceso o de final del tubo, se establecen los límites tomando en consideración combinaciones articulares de equipo de proceso y de control, y en otros casos aquéllos e definen directamente a partir del resultado de aplicar la mejor

tecnología de control disponible y económicamente factible sobre procesos particulares. Este último elemento privilegia soluciones correctivas y no cambios en proceso, y sesga la investigación y desarrollo hacia tal tipo de soluciones, en lugar de motivar transformaciones en las técnicas de proceso.

La distinción entre soluciones de proceso y soluciones de final del tubo es sumamente importante, en la medida en que las primeras significan restricciones a la forma en que se produce, en tanto las segundas se traducen en costos directos. En situaciones en que la técnica de producción empleada se aproxima al óptimo ambiental y tecnológicamente factible, y las emisiones de contaminantes sobrepasan los límites establecidos para cada medio, la solución deberá tener un sesgo claro hacia soluciones de control. Sin embargo, en casos en que haya un rezago tecnológico ello se traduce en la existencia de un espacio para soluciones que, a la vez que internalizan el costo ambiental en alguna medida, pueden traducirse en la sustitución de la tecnología existente por nuevas técnicas que solucionen simultáneamente un problema ambiental y aumenten la eficiencia y rentabilidad de las inversiones.

Otro elemento que establecen implícitamente las normas son los derechos de propiedad sobre el medio hacia el que se emiten contaminantes. Esto lo hacen de manera discontinua, ya que a partir de cierto límite tales derechos se pierden y el usuario del medio es sujeto de sanciones pecuniarias o administrativas. Al establecerse que una determinada planta tiene un límite máximo permisible de emisión de contaminantes hacia un medio, dicho límite se convierte de inmediato en un derecho de propiedad asignado a la planta, del cual puede hacer uso irrestrictamente y sin tener que responder por el daño ambiental que pueda o no estar produciendo. Esto es particularmente grave cuando la concentración de emisores al medio multiplicada por tales límites excede la capacidad de carga del ecosistema específico que se busca proteger. Bajo cualquier circunstancia deja de establecer bases para la aplicación del principio de que contaminar cuesta.

Cuando los límites máximos de emisión de contaminantes son establecidos en relación a la carga contaminante típica de cada tipo de proceso se establece una inequidad adicional, que se puede visualizar de la siguiente manera: la carga contaminante típica de cada proceso es diferente, y por ende el impacto ambiental bruto de la misma difiere según el tipo de proceso de que se trate. Así, el costo ambiental de cada planta es diferente, y si los valores límites de emisión establecidos están en relación a lo que cada emisor logra al establecer una mejor tecnología de control éstos diferirán según el proceso industrial, sin necesariamente guardar ningún vínculo con el medio al que estas emisiones afectan. En esa medida, se asignarán derechos de propiedad diferenciados a los agentes, y los más contaminantes en términos brutos y netos (antes y después de controlar sus emisiones) tendrán derechos sobre una proporción mayor del medio que los más limpios. Como resultado de lo anterior, los costos ambientales que refleja la norma van en sentido inverso a los costos reales (netos), dado que asigna los derechos de propiedad de acuerdo a la capacidad de controlar los procesos y no de acuerdo a como se afecta al medio receptor. Esta internalización errónea de costos ambientales se traduce en que el costo ambiental enfrentado por la existencia de un límite depende del costo de controlarlo, y no del efecto que la emisión tenga sobre el medio receptor.

Este efecto perverso de una mala asignación de derechos de propiedad podría corregirse en alguna medida si se estableciese un cobro por unidad de contaminante emitido, independientemente de definir un límite máximo de emisión para cada emisor, pero tales cobros son de difícil instauración y cálculo, por más que se diga que no es necesario que estén valuados para establecer su valor.

En general podría plantearse que todo instrumento de comando y control, si no al margen de su eficacia, suele resultar ineficiente en la mayoría de los casos, haciendo a muchos agentes incurrir en costos innecesarios y a otros en costos y medidas correctivas y preventivas menores a las que requiere el medio ambiente.

Adicionalmente, limita la selección de técnicas y puede sesgar las soluciones tecnológicas y la I&D hacia soluciones remediales o de final del tubo, lo que crea un espacio de conflicto no siempre necesario entre el desarrollo tecnológico, el ambiente y la competitividad.

Los instrumentos de comando y control y la introducción de nuevas tecnologías. El caso de la contaminación del aire en la Ciudad de México. El crecimiento urbano de la Ciudad de México, así como la actividad económica que se ha desarrollado en ella, requiere del consumo de combustibles que permite generar el bienestar social de la ciudad (empleos, transporte, servicios, energía eléctrica y múltiples comodidades en el hogar) y a la vez genera aproximadamente el 85% de las emisiones contaminantes del aire. El resto de los contaminantes son polvos naturales provenientes de áreas carentes de vegetación.

Asimismo, el valle de México posee una serie de características fisiográficas y climáticas que agudizan los problemas ambientales. La ciudad se encuentra a una altura de 2 mil 240 metros sobre el nivel del mar por lo que los procesos de combustión interna son menos eficientes y producen una mayor cantidad de contaminantes. Esto se combina con la barrera física natural formada por las montañas de las sierras del Ajusco, Chichinautzin, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina, que impide la circulación del viento, y el desalojo del aire contaminado fuera del valle. Bajo estas condiciones, la Ciudad de México presentaba hasta 1991 frecuentes inversiones térmicas que provocan el estancamiento de los contaminantes, generaban una serie de costos sociales y ponían en riesgo la viabilidad de la ciudad como fuente de bienestar.

En la década de los ochenta los expertos internacionales y nacionales insistían en que la tendencia del deterioro ambiental de la Ciudad de México era insostenible y que eventualmente la Ciudad se colapsaría si no se detenía su crecimiento urbano y económico.

Las acciones emprendidas en los noventa permitieron revertir el proceso. Hoy, gracias a la introducción de nuevas tecnologías en la vida de la ciudad, se cuenta con sistemas de información geográfica para el inventario de emisiones, la introducción de convertidores catalíticos, tecnología de recuperación de vapores, de gasolinas mejoradas y de sistemas modernos de verificación vehicular junto al Programa Hoy no Circula y Doble no Circula, la introducción de nuevas tecnologías de producción de plantas en vivero, así como novedosos sistemas de plantación que permitirán reducir considerablemente el costo de producción-plantación de árboles y dar una lucha frontal contra la deforestación, entre otras acciones. En el siguiente cuadro se presentan las innovaciones tecnológicas y de bienes y servicios que durante los noventa se han ido incorporando en las actividades diarias de los habitantes del valle de México. Gracias a lo anterior, la intervención gubernamental ha permitido obtener los siguientes resultados en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica:

- Monóxido de carbono. A pesar del aumento de consumo de gasolinas y del incremento del parque vehicular, las emisiones se mantuvieron dentro de la norma durante 30 meses consecutivos hasta el mes de diciembre de 1994. En 1995 y 1996 se presentaron 5 y 7 violaciones a la norma, respectivamente. En 1997 no se han presentado violaciones.
- Plomo. Las concentraciones de plomo se han reducido considerablemente durante los últimos cinco años. El primer trimestre de 1995, comparado con el último trimestre de 1998, presenta

una reducción promedio de 92%. Se han cumplido ya más de tres años en que la concentración de plomo se ha mantenido dentro de la norma que protege a la salud.

- Partículas suspendidas. Desde 1990, en las zonas noreste, centro y suroeste la fracción respirable de las partículas muestra una tendencia en general por debajo de la norma. Mientras que en el sureste y noreste no existe una tendencia clara, debido a las características de la zona, en áreas con escasa vegetación y suelos erosionados.

Durante 1996 las concentraciones de estas partículas se mantuvieron dentro de la norma en las zonas suroeste y sureste, mientras en la noreste el mayor porcentaje de violaciones fuera de la norma fue de 69%, y en la centro y en la zona noroeste de 3.4%. En los primeros cuatro meses de 1997, las concentraciones de estas partículas en las zonas suroeste y sureste no rebasaron la norma, mientras que el porcentaje de violaciones a la norma fue del 80% en la zona noroeste y del 5% en las zonas centro y noroeste.

- Bióxido de nitrógeno. A partir de 1991 ha tenido un comportamiento estable. Las concentraciones máximas rebasan ligeramente la norma de calidad, únicamente durante los meses del periodo invernal. En 1995 las concentraciones de este contaminante se mantuvieron dentro de la norma de calidad del aire el 91% de los días. Durante 1996 el porcentaje de días dentro de la norma fue de 78% y dentro de los seis primeros meses de 1997 este alcanzó el 83%.

- Bióxido de azufre. Se ha mantenido constantemente dentro de la norma en los últimos cuatro años, sólo en el mes de noviembre de 1996, ante una contingencia local en la zona noreste, el bióxido de azufre superó el valor máximo permisible en dos ocasiones.

- Ozono. Las altas concentraciones de ozono constituyen hoy día el principal problema de contaminación atmosférica en el Valle de México. En los recientes tres años, los niveles de este contaminante se han estabilizado, situación contraria al incremento sostenido que se registró entre 1986 y 1991. No obstante, las concentraciones de ozono superan frecuentemente la norma de calidad del aire, alcanzando niveles que superan en más de un 100% el límite establecido.

3. Los instrumentos de política ambiental

Dentro del contenido de esta sección se ofrece información sobre los distintos tipos de instrumentos de política ambiental y de desarrollo que pueden ser aplicados en las áreas naturales protegidas

Entre ellos cabe resaltar los instrumentos programáticos tales como los programas de manejo de las áreas; los instrumentos económicos y los decretos de creación de las mismas, los cuales son herramientas indispensables para una adecuada administración y manejo de las áreas naturales protegidas

Los instrumentos preventivos

La política ambiental mexicana ha dado gran importancia a la evaluación de impacto ambiental, como ha sucedido en casi todos los países. Ésta constituye un instrumento muy adecuado para prevenir la contaminación y la afectación de ecosistemas en general, pero tiene asociados altos costos en materia de estudios y de requerimientos de personal técnico. Su ámbito de aplicación es más amplio en la medida en que no se base en una planeación del uso ecológico del territorio (ordenamiento ecológico) y en que el marco reglamentario sea más débil, pero en la medida en que ambos se desarrollan resulta necesario sólo para grandes proyectos o proyectos situados en zonas frágiles o conflictivas desde la perspectiva ecosistémica y sin una adecuada asignación de usos del suelo. El marco regulatorio se ha desarrollado significativamente y en años recientes se ha vinculado con el ordenamiento ecológico del territorio, lo que ha hecho que

los proyectos que requieren una evaluación detallada sean cada vez menos y puedan ser atendidos con el cuidado que requieren. Esto se acompaña de lineamientos establecidos en normas que permiten que actividades repetitivas y con un impacto ambiental conocido ya no requieran evaluación de impacto en zonas donde o bien éstos son conocidos o existe un ordenamiento previo. Esto ha reducido significativamente los costos de transacción asociados al uso de este instrumento, y ha permitido que la autoridad y el público se concentren en proyectos que, por su magnitud, posible impacto o ubicación conflictiva, pueden perturbar de manera severa el medio ambiente.

OBJETIVO DEL MÓDULO III : IDENTIFICAR LA IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD DEL VALLE DE MÉXICO, DEL 23 AL 29 DE MARZO

(15 horas).

1. Introducción a México, un país con mega diversidad

1.1 Biodiversidad en México

La diversidad de especies en el planeta ha sido estimada entre 5 y 50 millones o más, aunque a la fecha sólo se han descrito alrededor de 1.4 millones (McNeelly et al., 1990).

El número total de especies conocidas en México es de 64 878 aproximadamente. Junto con Brasil, Colombia e Indonesia, México se encuentra entre los primeros lugares de las listas de riqueza de especies. Al respecto, se han descrito 26 mil especies de plantas, 282 especies de anfibios, 707 de reptiles y 439 de mamíferos. Estas cifras, comparadas con otros países en el plano mundial, colocan a México como un país megadiverso, ya que presenta al menos 10% de la diversidad terrestre del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992). En el cuadro siguiente se muestra el lugar que ocupa nuestro país con respecto a algunos vertebrados y plantas.

Grupo	País	Número de especies
Plantas	• Brasil	• 55,000
	• Colombia	• 45,000
	• China	• 30,000
	• México	• 26,000
	• Australia	• 25,000
Anfibios	• Brasil	• 516
	• Colombia	• 407
	• Ecuador	• 358
	• México	• 282
	• Indonesia	• 270
Reptiles	• México	• 707
	• Australia	• 597
	• Indonesia	• 529
	• Brasil	• 462
	• India	• 433

	• Indonesia	• 519
	• México	• 439
Mamíferos	• Brasil	• 421
	• China	• 410
	• Zaire	• 409

Tomado de: Mittermeir y Goettsch, 1992.

Aunada a esta riqueza, México cuenta con gran cantidad de especies distribuidas exclusivamente dentro de sus límites geopolíticos, es decir, especies endémicas. Más de 900 especies de vertebrados son exclusivas de nuestro territorio.

1.1.2 ¿Qué factores afectan la biodiversidad?

Las principales amenazas son:

Alteración de hábitats, comúnmente por un cambio de ecosistemas a agroecosistemas (a menudo monocultivos). Es la amenaza más importante relacionada con cambios en el uso del suelo.

Sobreexplotación, es decir, extracción de individuos a una tasa mayor que la que puede ser sostenida por la capacidad reproductiva natural de la población que se está aprovechando.

Contaminación química. Se refiere a los desequilibrios ecológicos producidos por sustancias tóxicas provenientes de fuentes industriales, tales como óxidos de azufre, de nitrógeno, oxidantes, lluvia ácida; agroquímicos y metales pesados en los cuerpos de agua, en el suelo, en la atmósfera y en la vida silvestre, incluyendo al hombre.

Cambio climático. A menudo se relaciona con cambios en los patrones regionales de clima. Este problema implica el incremento de bióxido de carbono, lo cual produce alteraciones regionales como El Niño, y efectos locales como la desertización. El cambio climático afecta drásticamente los biomas mundiales como bosques boreales, arrecifes de coral, manglares, humedales.

Especies introducidas. No son del lugar y, en muchos casos, reemplazan prácticamente a las especies nativas. Por ejemplo, la introducción de especies de peces como la mojarra.

Incremento de la población humana, lo cual trae consigo mayores demandas de bienes y servicios.

Sequías, inundaciones, incendios, vulcanismo, huracanes, etcétera.

1.1.3 Consecuencias de las amenazas a la biodiversidad

La pérdida de biodiversidad representa inevitablemente la reducción en la población de especies, con la consecuente pérdida de diversidad genética y el incremento de la

vulnerabilidad de las especies y poblaciones a enfermedades, cacería, y cambios fortuitos en las poblaciones.

La extinción de especies es una de las consecuencias más importantes de la pérdida de la biodiversidad. Aun cuando la extinción es un proceso natural a la intensa transformación del hombre sobre el medio natural, la extinción se debe a procesos antropogénicos.

La rápida destrucción de los ecosistemas más diversos del mundo, especialmente en los trópicos, ha llevado a los expertos a concluir que probablemente una cuarta parte de la totalidad de la diversidad biológica del planeta está en serio peligro de extinción durante los próximos 20-30 años.

Las tasas de extinción predicen que una de cada cincuenta especies del total que hoy pueblan la Tierra habrá desaparecido a finales del siglo XX (Ehrlich y Ehrlich, 1992).

1.1.4 Acciones de conservación y manejo

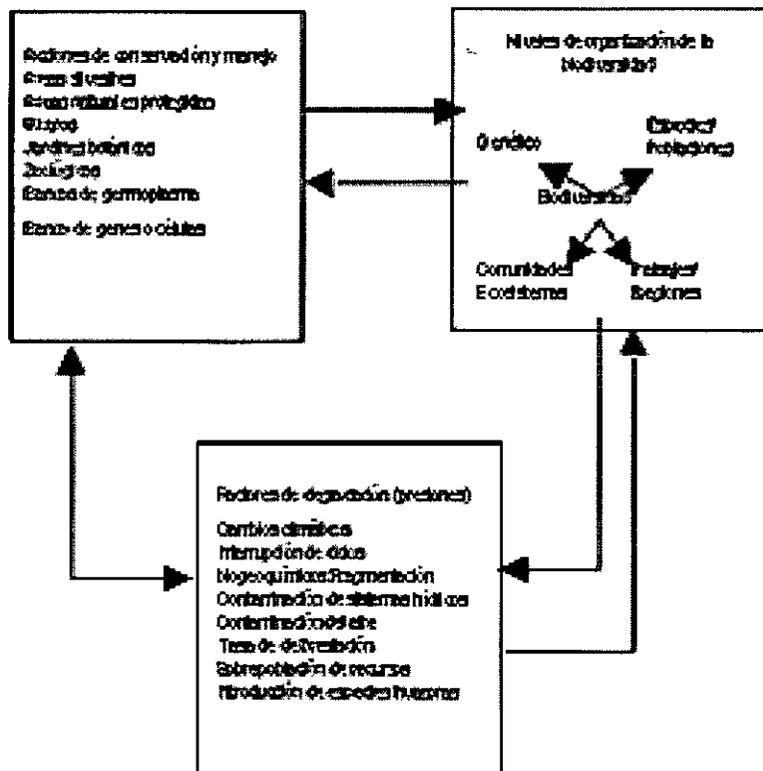
¿Que podemos hacer?

Las políticas de conservación y manejo de la biodiversidad biológica deben ser definidas considerando los tres niveles básicos de organización de la biodiversidad, mismos, es decir:

Genético

Acciones de conservación y manejo Niveles de organización de la biodiversidad

Áreas silvestres Genético Especies/Poblaciones



Por otro lado, debido a que existe una diversidad de presiones que el hombre ejerce en todos los niveles de organización, éstas deberán ser agrupadas, sistematizadas, jerarquizadas y analizadas de acuerdo con el nivel de organización biológica que estemos tratando.

2. Flora y Fauna

MÉXICO, CIUDAD DE FLORA, FAUNA

La Ciudad de México, todavía conserva restos de una flora y fauna muy interesantes en donde se encuentran: ardillas, conejos, zorrillos, tlacuaches, ratones, tuzas, increíble que parezca.



Por: Olivia Neri Terra.-

México, ciudad de flora, fauna y naturaleza: ardillas, conejos, zorrillos, tlacuaches, ratones, tuzas, cacomixtles, murciélagos y alguna zorra despistada son animales que todavía viven en plena Ciudad de México, entre el Metro, el Periférico y avenida Insurgentes, junto a unidades habitacionales, fraccionamientos y centros comerciales; en fin, en plena urbanización.

México

El Distrito Federal es sumamente peculiar, extremadamente interesante y sorprendentemente desconocido, aun para quienes viven junto a él, que no son pocos: es el último manchón importante del Pedregal llamado de San Angel, mar de roca negra como oleaje turbulento, privilegio y patrimonio de la capital del país.

La Ciudad de México, todavía conserva restos de una flora y fauna muy interesantes, por increíble que parezca. Al vecino lago de Texcoco, cada invierno llegan parvadas y parvadas de aves migratorias, tan grandes algunas, como los pelícanos blancos. En los 150 kilómetros de canales que se conservan en Xochimilco habitan animales únicos, como su variedad de ajolote, que no se encuentra en otro lugar del mundo. En la sierra del Ajusco se llegan a ver huellas de venado, de lince e incluso de puma.

Es precisamente en esta cadena montañosa que cierra por su parte sur al Valle de México, donde se sitúa el "escultor" de el Pedregal de San Angel, obra de arte natural abstracto: el Volcán Xitle, que abrió su rugiente boca hace 2 mil años para vomitar tal cantidad de lava que llegó hasta lo que es ahora el colonial barrio de Coyoacán.

MÉXICO, CIUDAD DE FLORA, FAUNA**Terra.-**

La flora y fauna del Pedregal prosperó intacta durante siglos con, según se calcula, 350 especies de plantas superiores - además de helechos, musgos y líquenes-, más de 100 especies de aves, cerca de 40 de mamíferos, poco menos de 20 de reptiles, alrededor de 50 de arañas y otras tantas de mariposas. Característico, casi un símbolo de la zona, es el matorral palo loco, llamado así porque florea en la época de sequía -cuando el pedregal se convierte en un páramo de varas secas, en vez de hacerlo en temporada de lluvias- tiempo de verdor que oculta las rocas y transforma totalmente el paisaje.

México

El Pedregal cuenta con varias especies endémicas, esto es, que no se les encuentra en ningún otro lugar de México ni del mundo; este es el caso de una biznaga y una orquídea, de nueve especies de insectos y una de rana.

Esta es probablemente el área natural protegida más extensa dentro de una ciudad (por supuesto, dentro de una universidad), área que es a la vez la de mayor diversidad biológica en la cuenca de México.

La Ciudad de México tiene en el Pedregal una zona que, además, no produce contaminación, favorece la recarga de los mantos acuíferos de la urbe y embellece su paisaje con sus rocas solitarias, rocas que a los animales pidieron compañía, que tomaron prestado el canto de las aves para romper su mudez y que se apropiaron de la suavidad de las plantas para compensar su aspereza.

¿Cómo llegar?

La Reserva Ecológica de la UNAM se ubica en dos áreas separadas por la avenida Insurgentes, en la parte sur de Ciudad Universitaria. El área oriente está limitada por los circuitos Exterior y Mario de la Cueva; la parte poniente está limitada por el fraccionamiento Jardines del Pedregal y por el CCH sur.

El Pedregal: mar de lava, refugio de flora y fauna

Las crónicas de los primeros pobladores, de los conquistadores españoles y de sus habitantes a lo largo de la historia nos hablan del valle de México como un lugar de singular belleza, con un extenso lago rodeado de bosques, bañado en ríos y cerrado por una imponente sierra volcánica al sur con sus brazos boscosos extendidos hacia el occidente y al oriente, donde sobresalen dos hermosos volcanes, entre los cuales nace el sol día con día. Todavía hasta hace pocos años era la región más transparente.

Hoy, sin embargo, el valle es apenas una sombra de lo que fue. Una extensa superficie asfaltada, densamente sobrepoblada y con multitud de problemas ambientales asociados: contaminación, basura y el desplazamiento de la vida silvestre de la región, otrora pródiga y abundante. Hoy, la ciudad se ha convertido en un tumor urbano ante cuyo crecimiento la naturaleza muere.

No obstante lo anterior, aún se conservan parques y zonas donde se ha refugiado algo de la flora y fauna del valle. Muchas de estas áreas están protegidas; sin embargo, son pocas las que aún conservan un carácter natural, esto es, aquellas que muestran una fisonomía que no ha sido alterada por mano alguna y donde los procesos naturales tienen lugar sin la intervención humana. El pedregal de San Ángel, en el sur de la Ciudad Universitaria es un buen ejemplo de esto.

La historia de este sitio se inicia cuando hacia el año 300 a.C., en la sierra del Ajusco, el volcán Xitle hizo erupción, derramando lava hacia la vertiente que da al valle. La lava corrió por diversas fracturas y se extendió sobre un área de alrededor de 80 km², desde la cima del ahora inactivo volcán, a 3,100 msnm, hasta las faldas de la sierra. La lava se precipitó arrasando cuanto estuvo a su paso: bosques, praderas y cañadas quedaron sepultadas por lava candente, cubriendo parte de lo que hoy son las delegaciones de Tlalpan, Magdalena Contreras, Coyoacán y Álvaro Obregón.

En aquel entonces habitaban la zona los cuicuiccas, un pueblo pacífico y trabajador que cultivó las ciencias y las artes, y que años más tarde participaría en la construcción del imperio teotihuacano. Cuando la erupción tuvo lugar se vieron obligados a migrar hacia el norte, dejando como mudo testigo la pirámide circular de Cuicuicco, que aún hoy sobresale entre las rocas.

Con el paso del tiempo las cenizas se disiparon y la lava se enfrió, quedando solo un extraño y desolado paisaje de caprichosas formas. Una isla silenciosa y desnuda, un ambiente inhóspito y hostil. Llegaron entonces numerosas diásporas, llevadas por el aire y el agua, acarreadas por aves y animales. No todas sobrevivieron; las más fueron incapaces de enfrentar una u otra de las duras adversidades del sitio.

Con el paso de los siglos la gran isla de piedra fue poblándose. La topografía volcánica tan hete-rogénea, marcada por perfiles rocosos agudos y abruptos, generó distintos microambientes, sitios ideales para albergar a especies con distintos requerimientos ambientales. Así, se establecieron numerosas poblaciones de diversas especies. Algunas se restringieron a la parte alta del derrame, donde la humedad es mayor; otras a las grietas, aquellas a la superficie. Se formaron distintas comunidades y la otrora isla desierta pronto fue habitada por una multitud de seres vivos: helechos, orquídeas, cactus, aves, insectos, mamíferos, reptiles, anfibios.

La variabilidad topográfica y los cambios altitudinales determinaron la formación de múltiples comunidades biológicas sobre la corriente de lava. Estas son, de la cima al valle: el bosque de aile, el bosque de pino, el bosque de encino, el matorral de encino y matorral de Senecio praecox, denominado así por el aspecto llamativo de dicha especie, cuyo nombre común es "Palo loco". De todas las comunidades, la que mayor extensión ocupa es esta última, ya que originalmente cubría 40 km², la mitad del derrame de lava.

Aunado a esto, las peculiares condiciones geográficas de nuestro país permiten que en esta zona prosperen especies provenientes de distintas regiones biogeográficas: de los trópicos, de las montañas, del valle y del desierto. El pedregal pronto se vio habitado por muchas de estas especies como sitio de encuentro y hoy de refugio.

Por su variado origen, las asociaciones que aquí se establecieron son únicas en el mundo. Representan una curiosa mezcla de especies provenientes de distintas regiones biogeográficas, que tiene relaciones con las montañas de México y Centroamérica con quienes comparte géneros como Lamourouxia y Rubus y con las montañas y zonas áridas de Sud-américa con

quienes tiene en común los géneros *Bomarea*, *Stevia*, *Opuntia* y *Trixis*. Asimismo, son interesantes algunas especies que parecen ser relictos de épocas anteriores, cuando el clima era más cálido. Tal es el caso de los géneros *Bursera* y *Cissus*. También es notable la presencia de dos especies endémicas, el cacto conocido como "Biznaga del chilito" (*Mammillaria sanangelensis*) y la orquídea llamada "Chautle" (*Bletia urbana*). Aunque se ha registrado un total de aproximadamente 350 especies, como resultado de los cambios en composición y número, hoy encontramos 310 especies, de las cuales 226 son originales de esta comunidad.

La diversidad biológica también se manifiesta en la fauna, ya que cuenta todavía con la presencia de 37 especies de mamíferos, entre las que destacan 12 especies de murciélagos y 16 de roedores, que constituyen el 75% de la fauna; aunque también encontramos conejos, cacomixtles, zorrillos y un marsupial, el tlacuache. Han desaparecido del área las zorras, el linco, la comadreja y el puma. Hay 106 especies de aves, que representan a 76 géneros y 54 familias, aproximadamente el 41% de la avifauna del Distrito Federal, además, cuatro de estas especies son endémicas de nuestro país.

Asociados a los cuerpos de agua, subterráneos y superficiales, se encuentran tres especies de anfibios: una salamandra y dos ranas, una de ellas endémica. Entre los reptiles se cuentan tres especies de lagartijas, seis especies de culebras así como la serpiente de cascabel.

La extraordinaria diversidad biológica permaneció durante muchos años ignorada, ya que el sitio permaneció aislado desde la erupción hasta hace unos cuantos años. Se consideraba un lugar poco amable para ser habitado, con escaso suelo para cultivar además de peligroso, pues abundaban las serpientes de cascabel, los alacranes y las tarántulas. Por su carácter inhóspito y rocoso fue conocido también como mal país.

En su momento, varios naturalistas señalaron la importancia de proteger un lugar con tales características; incluso se propuso crear allí un parque natural. No obstante, la propuesta no fue escuchada y debido al desmedido crecimiento urbano de la Ciudad de México, el pedregal pronto fue poblado. Sus habitantes aprovecharon la roca volcánica como material de construcción y acabaron con el sitio, ahuyentando y exterminando la vida silvestre.

La gigantesca isla de piedra pronto se vio fragmentada y ocupada por unidades habitacionales, centros comerciales, calles y avenidas, la mano del hombre moderno. En tan sólo cuarenta años la extensión original se redujo en un noventa por ciento. Sin embargo, la Universidad Nacional Autónoma de México, que a mediados del siglo XX adquirió los terrenos sobre los que hoy se asienta su Ciudad Universitaria, no tuvo el ritmo acelerado de crecimiento que el resto de la mancha urbana, lo que permitió la conservación de un área relativamente grande del Pedregal hacia el sur. En 1983 ésta fue decretada "zona ecológica inafectable", única con este carácter dentro del valle de México. Hace veinte años ocupaba un área de 124 ha, hoy son alrededor de 200.

Esta guía intenta ilustrar parte de su enorme riqueza biológica, tan importante, tan diversa y tan cercana. Representa sólo un pequeño botón de la diversidad de formas, colores, tamaños y olores que podemos hallar aún en este maravilloso paisaje. Esperamos que contribuya a la conservación del sitio y a alentar su apreciación y estudio por parte de legos y expertos.

3. Principales especies animales del Valle de México (musaraña, tlacuaches, murciélagos, conejos, ardillas terrestres, tuzas y ratones.

Tlacuache	x <i>Didelphis virginiana</i> *	Bosque de Chapultepec, Ciudad Universitaria, San Angel, Tlalpan
Musaraña	<i>Cryptotis parva soricina</i>	Chapultepec, El Pedregal de San Angel, Tlalpan y sur del Distrito Federal
Murciélagos	<i>Mormoops megalophylla</i>	Ciudad Universitaria, Ciudad de México, los cuales consumen miles de insectos e inciden en su regulación
	x <i>Chocronycteris mexicana</i>	Pedregal, Ciudad de México
	<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	Ciudad de México, Ciudad Universitaria, Coapa, Coyoacan
	<i>Myotis velifer</i> *	Bosque de Chapultepec, Ciudad Universitaria, Coapa, Coyoacan, Iztapalapa
	<i>Lasiurus ega</i>	Colonia del Valle
	<i>Lasiurus cinereus</i> *	Chapultepec, Narvarte, Peñón, Tacubaya, San Jeronimo
	<i>Plecotus mexicanus</i> *	Ciudad de México, Ciudad Universitaria
	<i>Tadarida Brasiliensis</i> *	Bellas Artes, Ciudad Universitaria, Coapa, Algarín, San Ildefonso, Tacubaya de acuerdo con los autores ésta es la especie murciélago mas común en poblados y ciudades de la cuenca de México
	<i>Eumops underwoodii</i>	Cerro del Chiquihuite y en el Pedregal, además de que es la especie más grande que habita la cuenca.
Conejo		Chapultepec, Iztapalapa, Pedregal y Tlalpan
Ardillas terrestres	<i>Spermophilus mexicanus</i> <i>Spermophilus variegatus</i> * <i>Spermophilus aureogaster</i> *	Chapultepec, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Iztapalapa, Lomas de Becerra, Mixcoac y Tlalpan.
Tuzas	<i>Thomomys umbirnis</i> , <i>Pappogeomys merriami</i> y <i>Pappogeomys tylosinus</i>	Churubusco, Ciudad Universitaria, Huipulco, Iztapalapa, en la colonia del Valle y en Coyoacán
Ratones	<i>Liomys irrotatus</i> *	Sur del Distrito Federal
	<i>Oryzomys palustris</i>	En el ambiente semiacuatico de Xochimilco, viviendo entre las hortalizas
	<i>Reithrodontomys megalotis</i> * <i>Reithrodontomys Chrysopsis</i> *	Sur del D.F. colonia del Valle, en Taxqueña, Coyoacán, Huipulco, el Pedregal
	<i>Peromyscus truei</i> *	Chapultepec, Santa Isabel (Tola) en Santa Ursula
	<i>Baimys taylori</i> *	Cerro de la Estrella, Churubusco, Coyoacán, Pedregal de Santa Ursula y en el sur del D.F
	<i>Neotoma mexicana</i> *	Ciudad Universitaria
	<i>Microtus mexicanus</i> *	Chapultepec, Villa de Guadalupe, Coapa, Calzada de Tlalpan, Taxqueña.

3.1 LOS ANIMALES TAMBIEN SIENTEN

EL LOBO Y EL CONEJO TEPORINGO MEXIQUENSES EN PELIGRO

En el Estado de México existe una gran diversidad en flora y fauna, esto se debe, a la gran variedad de climas que tenemos, a una geografía que se caracteriza por tener zonas altas y frías como las del norte del estado o como las mismas del Valle de Toluca y otras más cálidas que se asemejan mucho a las de la selva húmeda, en toda esta geografía mexiquense han vivido el lobo mexicano y el conejo teporingo, el que también es llamado, de los volcanes porque se le encuentra precisamente en las faldas de nuestros volcanes.

Estos controvertidos animales que forman parte de todas las historietas y cuentos infantiles, son parte de nuestra diversidad y según la "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente" y sus disposiciones complementarias así como los tratados internacionales deben estar sujetos a una preservación especial por ser endémicas, es decir, nativas y estar amenazadas por el peligro de extinción.

La psicología del lobo mexicano, nos comentan los expertos, tiene conductas que son afines a los humanos, quizá por eso en algunas ocasiones los asociamos con personajes malévolos, como en el caso del Lobo Feroz con Caperucita, lo interesante del asunto es que como siempre, es el hombre el que causa estragos sobre las fuentes alimenticias del lobo, esta enemistad entre el hombre y el lobo se debe, naturalmente, a que en el pasado cuando el hombre destruía las especies animales mas pequeñas, como el conejo, de las que se alimentaba el lobo, entonces este tenía que acercarse a los rebaños domésticos y mataba borreguitos o gallinas para comer, lo que provoco que el lobo se convirtiera en el villano de los cuentos infantiles.

El lobo se expresa a través de gruñidos, aullidos, mímicas, y posturas corporales así como la posición de la cola, los aullidos les ayudan a localizar individuos semejantes alejados, ya que en ocasiones cuando escasea el alimento principalmente en invierno; son muy gregarios, en cuanto a la jerarquía dentro del grupo esta se determina por la inteligencia, el vigor y la edad del animal y puede variar en el curso de su vida.

El hábitat del lobo mexicano, se distribuía desde el sur de Estados Unidos hasta mas allá de la frontera con México: en Sonora, Chihuahua y parte de Coahuila, pasando por Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y el Estado de México, donde encontraba alimento como liebre, conejos y en ocasiones consumía carroña e insectos, así como venado cola blanca.

Hoy en día es un animal en peligro de extinción, se encuentra en reservas ecológicas y zoológicos, su alimentación consiste en 2 kg. diarios de carne, aproximadamente, así como de presas vivas como burros, borregos y gallinas, para que no pierda sus hábitos de cazar. Llega a vivir hasta 10 años en estado libre y 15 en cautiverio.

Los lobos han sido repudiados por los ganaderos quienes argumentaban que perdían sus becerros, vacas, caballos y burros por los ataques de estos lobos capaces de traspasar los cercados de los ranchos para atrapar a sus presas. También se les responsabilizaba de propagar la rabia a otros animales silvestres iniciando así una cadena que llegaba hasta los perros domésticos. Ambos argumentos fueron la razón de que en los años 50's se les condenara al exterminio. Los acuerdos para su erradicación se tomaron entre las autoridades sanitarias de México y de Estados Unidos en 1949, fue entonces cuando la asociación sanitaria fronteriza mexicana – norteamericana, promovió una campaña de envenenamiento con monofluoroacetato de sodio.

En la actualidad este veneno está prohibido en ambos países dada su peligrosidad. Los efectos de esa campaña no se hicieron esperar; en Sonora por ejemplo perecieron envenenados 4600 coyotes y lobos y en Chihuahua, murieron 7800 de estos animales. A principio de 1990 algunos autores consideraban que apenas quedaban 10 lobos en libertad, ante esta situación México y Estados Unidos coincidieron en la necesidad de preservar la subespecie. Así se creó el "Comité Internacional para la Recuperación del Lobo Mexicano".

Hasta hace tres años se contaba con 60 lobos en todo México, para que una especie esté en peligro de extinción se debe de contar con 2000 ejemplares. Esto quiere decir que el lobo mexicano ha desaparecido.

De la misma manera encontramos al conejo teporingo conocido también como zacatúche, tepolito, conejo de los volcanes, entre otros. Su piel es uniformemente café oscura en lomo y café grisáceo abajo, orejas cortas y redondeadas, piernas y patas cortas y no tiene cola visible. Vive en madrigueras y en veredas bien definidas entre el zacate espeso.

Su población se encuentra en las laderas medias del Popocatepetl, Iztaccihuatl y lomas que rodean el Valle de México por el Sur. Este conejo tiene el área de distribución más limitada que cualquier otro animal de México. Sus hábitos alimenticios son el forraje de la aromática menta. Cuando hace buen tiempo pasa gran parte sobre el terreno jugando, peleando, comiendo entre los manchones de zacate; es activo al anochecer y en la mañana muy temprano

4. Principales especies vegetales (oyamel, pino, encino, arbustos de poca altura, matorrales, nopaleras, pastizales, vegetación de los márgenes de los lagos y plantas acuáticas)

En la Cuenca de México se encuentran bosques de oyamel, bosques que crecen en las cañadas y laderas, bosques de pino, de encino, bosques de arbustos de poca altura, matorrales, nopaleras, pastizales, vegetación de los márgenes de los lagos y plantas acuáticas.

***Arbutus unedo* . (madroño)** . Fam. ERICACEAE. Arbusto o arbolillo de 1 a 10 m de altura, perennifolio, hojas verde oscuras de bordes finamente aserrados. Floración en Octubre-Enero, flores globulares de color crema, dispuestas en racimos terminales de unos 5 cm. Fructificación muy solapada con la floración, frutos globulares de superficie rugosa, de color rojo en la madurez.

Se encuentra asociado a encinares y alcornoques sobre suelos silíceos en ombroclimas subhúmedos.

Los frutos son comestibles, empleándose para hacer licores y mermeladas; las ramas y hojas se han empleado para curtir. Uso frecuente en jardinería por su variación de colorido.

***Chamaerops humilis* L. (palmito)** , Fam. PALMAE. Arbusto de 1-2,5 m, raramente más, de tallo en su mayor parte subterráneo; cilíndrico, cubierto por cicatrices o restos de los peciolos secos; sin corteza y leño separable. Perennifolio, hojas en forma de abanico, palmadamente divididas en 12-15 segmentos rígidos, lanceolados; con un recio peciolo provisto de espinas rectas. Floración en Marzo-Junio, flores polígamo-dióicas, en panoja ramosa, ceñida por una espata coriácea, que sale entre las axilas de las hojas. Frutos elipsoideos, pardo-rojizos en la madurez.

Indiferente a la naturaleza del suelo, abundando en los secos en exposiciones soleadas, es clara indicadora del piso Termomediterráneo, no soliendo subir por encima de los 800 m. Suele representar etapas de degradación avanzada del encinar. Las fibras obtenidas de las hojas se emplean para hacer escobas y cuerdas. La zona meristemática terminal y sobre todo, la espata no desarrollada, son comestibles; conociéndose como higa o palmito.

***Crataegus monogyna* Jacq. (majuelo)** , Fam. ROSACEAE. Arbusto o arbolillo de hasta 5 m, muy ramificado, con ramas muy densas y trabadas armadas de espinas. Caducifolio, hojas alternas, ovales de 1,5-3,5 cm, con 3-7 lóbulos profundos y triangulares, más largos que anchos, con el margen entero o escasamente dentado. Floración en Abril-Mayo, flores con largos pedunculos, en grupos de unas 16, en posición terminal en las ramas, pétalos de color blanco. Maduración de los frutos en Septiembre-Octubre, frutos ovales, de 8-10 mm de longitud, de color rojo oscuro, con un hueso.

Forma parte del cortejo arbustivo de los encinares, aunque pueden aparecer en rodales aislados como en el Torcal de Antequera.

Se suele usar como patrón para injertar árboles frutales, nispero y peral. Su caracter espinoso lo hacen idóneo para formar, mediante poda y recortes, setos impenetrables. (Fotos y Gráficos)

***Cistus salvifolius* . (jaguarzo morisco)** , Fam. CISTACEAE. Pequeño arbusto tendido o erecto, ramificado, de 0,2-1,5 m, Perennifolio, hojas opuestas sin estípulas, enteras, pecioladas, oval-oblongas, rugosas, no viscosas, verdosas por el haz, blanco vellosas por el envés. Floración Abril-Junio, flores de 2-4 cm, blancas y generalmente con el centro anaranjado, muy pedunculadas, en grupos laterales de 1-3 flores. Fruto en cápsula dehiscente de 5 valvas.

Suele formar parte del matorral de orla de encinares y alcornocales algo aclarados, especialmente en el piso mesomediterráneo. También en zonas de pinar, con suelo bien desarrollado.

***Daphne gnidium* . (torvisco)** , Fam. THYMELAEACEAE. Arbusto erecto, poco ramificado, siempre verde, de 0,5-2 m de altura. Hojas numerosas, de 2-4 cm, linear lanceoladas, coriáceas y lampiñas. Floración Marzo-Septiembre, flores pequeñas y perfumadas, blancas interiormente y pardas por fuera, en ramilletes terminales erectos, frecuentemente ramificados. Fruto carnoso, rojo o negro.

Presente en el sotobosque del encinar y alcornocal, así como también del matorral acompañante del pinar en etapas avanzadas de desarrollo. Los frutos y hojas son venenosos; empleándose la planta en uso externo para la limpieza de las heridas.

***Erica arborea* . (brezo blanco)** . Fam. ERICACEAE. Arbusto grande, de 1-4 m, a veces de porte arbóreo, con ramificación de aspecto Plumoso, en ramas erectas. Perennifolio, hojas verde vivo muy numerosas, diminutas, 5 mm, en verticilios de 4 a 5 hojas. Floración Marzo-Mayo, con flores blancas o rosa pálido, de 3 mm, acampanadas y largamente pedunculadas; agrupadas de 2-3, en haces terminales en las ramas. Fruto en cápsula lampiña, con dehiscencia por lóculos en 4 valvas.

Francamente silícola, con requerimientos altos de humedad. Aparece en barrancos, umbrias y junto a cursos de agua. Forma parte del sotobosque de alcornocales y encinares silícolas con

ombroclima subhúmedo-húmedo. Es etapa de sustitución de estas comunidades cuando se degradan.

Madera dura y pesada, de duramen rojo carmín, muy buena para tornear y pulimentar. La madera de la raíz y tallos gruesos se emplea para hacer pipas. De los tallos se obtiene un excelente carbón vegetal, muy apreciado para las fraguas.

Juniperus oxycedrus . (enebro de la miera) , Fam. CUPRESSACEAE Arbusto o arbolillo de 1-8 m de altura, raramente más. Perennifolio, con hojas puntiagudas, de 8-25 mm, con dos líneas blancas en el haz. Floración en enero-Marzo, flores unisexuales, axilares; los estróbilos masculinos ovoideos, subsentados, con 3-7 sacos polínicos; los femeninos subglobosos, con pocas escamas, verticiladas por 3, soldadas en la base; gábulos con las escamas soldadas, formando una falsa baya globosa, carnosa e indehiscente; rojizos en la madurez, la cual ocurre al segundo año tras la fertilización.

Ampliamente distribuido por Europa mediterránea, subiendo hasta los 1.500 m, frecuentemente asociado a los encinares y alcornoques, en el piso mesomediterráneo, preferentemente en exposición de solana.

Madera rojiza, compacta de grano fino, usada frecuentemente en tornería y ebanistería; de la destilación de la madera de cepas y raíces se extrae el aceite de cada, útil como vermífugo e insecticida, principalmente en veterinaria. Los gábulos se consideran abortivos.

Myrtus communis . (arrayán) , Fam. MYRTACEAE. Arbusto denso, de 2-3 m, de hoja persistente. Hojas de 2-3 cm de color verde oscuro y lustroso, rígidas, oval lanceoladas, con puntuaciones glandulares, muy aromáticas. Floración en Mayo-Julio, flores de pétalos blancos, de 2-3 cm de diámetro, aromáticas, solitarias en las axilas de las hojas. Frutos en baya negro-azulada.

Forma asociación con la encina en el piso termomediterráneo con ombroclima seco, sobre suelos silíceos.

Frecuentemente empleada como ornamental, por sus flores aromáticas. De ellas y de las hojas se extrae un aceite aromático usado en perfumería. Los frutos se usan como condimentos.

Phillyrea angustifolia . (labiérnago) , Fam. OLEACEAE. Arbusto rígido, de tallos grises, 2-4 m. Perennifolio, hojas coriáceas, lanceoladas 2,5-4 x 0,5-1 cm, opuestas, enteras, a veces subdentadas en el ápice. Floración en Abril-Mayo, flores hermafroditas, pequeñas de 3 mm de diámetro, numerosas, agrupadas en racimos redondeados axilares. Frutos drupáceo, globoso, carnoso, de color negro azulado en la madurez.

Indiferente al tipo de suelos, no soporta el frío, por lo que queda relegado al termo y mesomediterráneo. Asociado a coscojares y masas de matorral de orla o de sustitución de los encinares.

De madera dura, pesada y quebradiza, da un excelente carbón vegetal. También es corriente su uso en jardinería por su follaje persistente de color verde intenso.

Pistacia lentiscus (lentisco) , Fam. ANACARDIACEAE. Arbusto, rara veces arbolillo, 2-5 m, denso y muy ramificado, con látex resinoso muy aromático. Hojas con 3-6 pares de folíolos, elípticos, de 2-3 cm, verde oscuro, coriáceos, lustrosos por el haz. Floración Abril-Junio, flores

unisexuales en pies distintos (dioico), las masculinas muy numerosas y arracimadas con estambres de color rojo vivo; las femeninas son parduzcas. Maduración de los frutos en otoño, frutos globosos de 8 mm, de color rojo al principio y luego negros. Indiferente en cuanto a los suelos, resiste bien la aridez, preferentemente en situación soleada, forma la orla perimetral de encinares y alcornoques, asociado a acebuches, arrayanes y enebros. Brota fácilmente de cepa, por lo que se recupera rápidamente tras los incendios.

La madera es dura y pesada, de duramen rosado. Se usa en tornería para fabricar objetos pequeños. La leña es un magnífico combustible. Del látex se produce una goma agradablemente perfumada, almáciga, blanqueante de los dientes y reafirmante de las encías.

***Quercus coccifera* (coscoja)**, Fam. FAGACEAE. Arbusto denso de hasta 2 m, ocasionalmente un arbolito. Perennifolio, de hojas de 1,5-4 cm, glabras, verde vivo y lustroso por ambos lados, algo más claro en el envés; ovales u oblongas, limbo coriáceo de margen espinoso. Floración Abril-Mayo, con amentos masculinos muy cortos, llegando a parecer erectos. Los frutos maduran al segundo año; cúpulas de los frutos con escamas espinosas y patentes, cubriendo en la madurez más de la mitad de la bellota, la cual es bastante amarga y astringente.

Indiferente a la naturaleza del sustrato, tiene menor requerimiento hídrico que la encina. Puede formar rodales puros o mezclados con *Juniperus oxycedrus* en la orla de encinares y más raramente de alcornoques. Es una especie típica de las etapas de degradación del encinar.

La corteza es rica en taninos usándose para curtir. De las agallas rojas de transformación foliar, producida por el insecto hemiptero *Coccus ilicis*, se extraía antiguamente un colorante rojo, la grana, de gran importancia económica.

***Quercus faginea* Lam. (quejigo, rebollo)**, Fam. FAGACEAE. Árbol de hasta 20 m, a veces arbustivo. Marcescente, hojas pecioladas de 3-11 x 1,5-6,5 cm, con el limbo coriáceo y de borde ondulado irregularmente. Floración Marzo-Abril. Bellotas casi sentadas o con el pedúnculo muy corto, dispuestas en grupos entre las hojas. Cúpula grande con escamas ovales.

En valles, páramos y montañas hasta 1.800 m; no llega a formar bosques, mezclándose con encinas y alcornoques.

Su madera calidad aceptable, aunque no da piezas grandes. Los frutos más tempranos que los de la encina se usan como alimento del ganado en montanera. ([Fotos y Gráficos](#))

***Quercus ilex subsp. ballota* (Desf.) Samp. in Bol. (encina carrasca)**, Fam. FAGACEAE. Árbol de tamaño mediano a grande, de hasta 25 m; corteza de color gris y escamosa, finamente agrietada en teselas verticales. Perennifolio, hojas de 3-7 cm, oblongo lanceolada, finas y coriáceas; envés cubierto de tomento gris que contrasta con el verde oscuro glabro del haz; margen entero, dentado o espinoso dentado, articularmente en los ejemplares jóvenes y en los chupones. Floración Abril-Mayo. Flores en amentos unisexuales; los masculinos largos y colgantes; los femeninos gemiformes sobre un corto pedúnculo. Fruto dulce que madura en su primer año, sobre una cápsula con escamas.

En laderas secas y pedregosas. Forma bosques climácicos en los pisos termo y mesomediterráneo de la parte sur y occidental de la península ibérica.

Su madera se emplea para la fabricación de carbón vegetal y sus frutos (bellotas) como alimento del ganado. (Fotos y Gráficos)

***Quercus suber* L. (alcornoque)** , Fam. FAGACEAE. Sus características son similares a *Quercus ilex* , aunque con una corteza extremadamente gruesa, rugosa, profundamente fisurada, grisacea, que una vez arrancada deja a la vista una segunda capa rosa o pardo-rojiza. Perennifolio, hojas de 3-7 cm, gris-afieltradas por el envés, verde oscuras por el haz; margen entero u ondulado; nervio medio de la lámina sinuoso. Floración Abril-Mayo y otoño. Fruto amargo sobre cápsula; maduración anual con tres cosechas: principios de Septiembre, Noviembre y finales de enero.

Laderas secas, sobre suelos de naturaleza silícea o descalcificados; tiene mayores requerimientos hídricos que *Quercus ilex* , formando grandes bosques climáticos en las sierras de Grazalema, extremos suroccidental de Andalucía y Extremadura.

Principal productor de corcho industrial, en turnos de descorche de 8-10 años. Su fruto se emplea para la alimentación del ganado. (Fotos y Gráficos)

***Rhamnus alaternus* (aladierno)** , Fam. RHAMNACEAE Arbusto erecto, de 1-8 m de altura. Perennifolio, hojas ovales o lanceoladas de 2-5 cm, de peciolo corto, alternas, con el haz verde intenso, lustroso y envés pálido; lampiñas con los bordes dentados o casi enteros. Floración en Enero-Abril; flores pequeñas unisexuales, apétalas, de color amarillento, en racimos axilares laxos. Maduración del fruto en verano-otoño, fruto en drupa aovada o globosa, de 5mm, negruzca en la madurez.

Generalmente asociado a la coscoja en etapas primeras de sustitución del encinar, en zonas donde no falte cierto grado de humedad y sombra. También forma parte de la orla externa de estos encinares.

La madera, es pesada, dura y muy homogénea; buena para tornería y ebanistería, aunque exhala un olor desagradable.

***Ulex parviflorus* Pourret (aulaga morisca)** , Fam. EGUMINOSEAE. Arbusto muy espinoso y densamente ramificado, de hasta 3 m. Perennifolio, hojas juveniles trifoliadas, las adultas y las ramitas convertidas en espinas aciculares verdes, de hasta 2 cm, bastante diseminadas que superan en longitud a las flores. Floración en Diciembre-Junio, flores de 6-8 mm, amarillo brillante, cáliz pubescente al principio y más tarde glabro y brillante. Fruto oval, veloso, de 1 cm. Forma parte del matorral de sustitución de los encinares mesomediterráneos, preferentemente en suelos calizos, aunque también coloniza los silíceos. En las etapas de recuperación de la vegetación, respresenta etapas avanzadas, desarrollándose las encinas jóvenes bajo su dosel. Como todas la mayor parte de las leguminosas, forma simbiosis con organismos fijadores de Nitrógeno atmosférico, enriqueciendo el suelo. Rebrotta fácilmente de cepa tras los incendios.

***Viburnun tinus* L. (durillo)** , Fam. CAPRIFOLIACEAE. Arbusto de 1-3 m. Perennifolio, de hojas simples, verde oscura y coriáceas, oval agudas y enteras, de 3,5-10 cm, lustrosas por el haz, con mechones de pelos, en las axilas de los nervios laterales, por el envés. Floración Febrero-Mayo; flores de 6 mm de diámetro, agrupadas en inflorescencias umbeliformes, con pétalos blancos y botones rosados. Fruto de color azul-negro metálico, en la madurez

Forma parte del sotobosque de los encinares y alcornocales, en las zonas donde se acumula cierto grado de humedad, y algo sombreados.

Pinar y etapas medias de sustitución:

***Cistus albidus* . (estepa blanca)** , Fam. CISTACEAE. Arbusto erecto, ramificado, de 0,3-1,7 m. Perennifolio, hojas opuestas sin estípulas, enteras, completamente sentadas, ovales o lanceoladas, margen plano no ondulado, cubierta de tricomas estrellados, hojas gris pálido densamente vellosas. Floración Abril-Junio, flores grandes, de 4-6 cm, rosadas, en ramilletes terminales de 1-5 flores. Fruto en cápsula con pelos cerdosos, dehiscente por 5 valvas.

Matorral de degradación de encinares, sobre todo sobre suelos calizos, aunque también puede aparecer sobre sustrato silíceo, aunque con menor abundancia. Representa etapas de desarrollo del matorral subestratificado de los pinares de repoblación, en etapas medias de sucesión.

***Cistus ladanifer* . (jara, jara del ládano)** , Fam. CISTACEAE. Arbusto erecto y bastante grande, 1-3 m, con vástagos viscosos y muy ramificados. Perennifolia, hojas de 4-10 cm, linear lanceoladas, sentadas, verdes, muy viscosas y lampiñas por el haz, pubescencia gris por el envés. Floración Mayo-Junio, flores muy grandes 5-8 cm, blancas con una mancha pardo-púrpura en la base del pétalo. Fruto veloso, dehiscente por 10 valvas.

Forma parte del matorral de degradación de encinares sobre suelos silíceos, también es una rápida colonizadora de terrenos recién incendiados. Puede aparecer en el sotobosque del pinar desarrollado, especialmente en zonas aclaradas.

De ésta y otras especies se obtiene una goma resinosa denominada ládano, utilizada en perfumería y para fumigación, antiguamente usada en medicina.

***Cistus monspeliensis* . (jaguarzo negro)** , Fam. CISTACEAE. Pequeño arbusto, 0,3-1 m, erecto y ramoso. Perennifolio, hojas sentadas, lineares o estrechamente lanceoladas, muy glandulosas y viscosas, verde oscuro y lustrosas por el haz y vellosas de color gris por el envés, márgenes de la hoja arrugados. Floración Abril-Junio, flores pequeñas, 2-3 cm, blancas y frecuentemente maculadas de amarillo, agrupadas por 2-10 en ramilletes unilaterales sin brácteas. Fruto casi lampiño.

Constituye la mayor parte del jaral desarrollado bajo el pinar en suelos silíceos, puede estar acompañada por otros tipos de jaras. También constituye etapas poco maduras de la sucesión en los pisos bioclimáticos termo y mesomediterráneos.

***Ononis speciosa* . (garbancillo)** , Fam. LEGUMINOSAE. Pequeño arbusto, 0,5-2 m, con cepa leñosa. Perennifolio, hojas trifoliadas, folíolos elípticos o casi orbiculares, con el borde dentado y abundantes pelos glandulares. Floración Mayo-Julio, flores amarillas sobre cortos pedúnculos, agrupadas en panículas terminales. Fruto alargado, leguminoso, erecto.

Indiferente al tipo de suelo, siendo abundante sobre suelos pedregosos poco desarrollados, donde forma masas muy densas. A igual que la mayoría de las

leguminosas forma asociaciones simbióticas con organismos fijadores del nitrógeno atmosférico, por lo que contribuye a enriquecer los suelos.

***Pinus halepensis* Miller (pino carrasco)** , Fam. PINACEAE. Arbol de hasta 20 m. de altura, corteza gris plateada cuando joven, que se vuelve pardo rojiza, de copa abierta y desigual, poco densa, a causa de la baja persistencia del follaje. Perennifolio, hojas aciculadas muy verdes,

flexibles y muy estrechas, de 6-12 cm x 0,5-0,8 mm, envainadas por 2. Floración Febrero-Mayo, estróbilos masculinos oblongos de 5-8 x 3-4 mm, agrupados en espigas de 5-8 cm; los femeninos aislados, apareados o verticilados, de color verde rosado que pasa a violáceo, erectos sobre pedunculos largos. Maduración de las piñas a los dos años de la floración, piñas aovado-cónicas alargadas, de 6-12 cm, sobre un pedúnculo leñoso de 1-2 cm.

Muy adaptable a suelos esqueléticos y secos, preferentemente calizos, aunque también se desarrolla sobre pizarras blandas primarias. Muy resistente a la sequía, se ha empleado abundantemente para repoblar montes con suelos muy erosionados, pudiendo ascender hasta los 1.500 m. a pesar de su carácter termófilo.

Madera de grano fino, muy dura y resinosa, buena para puntales y traviesas por su elasticidad; aunque no demasiado aprovechable en carpintería. Corteza rica en taninos, por lo que se emplea para curtir. Abundante producción de resina rica en pineno

Pinus pinea . (pino piñonero) , Fam. PINACEAE. Arbol de 15-30 m de alto, con copa aparasolada, ramificación verticilada; corteza pardo-rojiza, escamosa, al principio; luego resquebrajada en teselas grises, que al caer descubren espejuelos rojo ladrillo. Perennifolio, acículas envainadas por 2, algo rígidas y puntiagudas, de 10-20 cm x 1,5-2 mm. Floración Marzo-Mayo, conos masculinos oblongo-cilíndricos de 10-12 x 2-4 mm, agrupados en espigas; los femeninos ovoideos, de 20 mm de largo, verdosos o rojizos, solitarios o en escaso número, sobre pedúnculos erectos. La maduración de las piñas requiere tres años; siendo las piñas maduras gruesas, globosas de 8-14 x 7-10 cm, subsentadas, solitarias u opuestas.

De caracter heliófilo, xerófilo y moderadamente termófilo, prefiere suelos arenosos, sueltos, profundos y frescos. Tiene mayores requerimientos hídricos que el pino carrasco, y aunque resiste la xericidad estival, requiere cierta humedad edáfica. En ocasiones entra en contacto con masas de alcornoques y encinas, especialmente en Huelva y Cádiz.

La madera es muy nudosa, siendo bastante mala para trabajarla, usandose para traviesas de ferrocarril. El principal aprovechamiento es el de los piñones.

Spartium junceum (Gayomba, Retama de olor) , Fam. LEGUMINOSAE. Arbusto recio, alto, hasta 5m de altura, junciforme, manteniendo siempre el porte globoso típico de los escobones. Casi sin hojas, siendo éstas pequeñas, a modo de escamas pegadas a los tallos. No son perennes, sin embargo este arbusto mantiene su aspecto siempre verde por la riqueza clorofílica de sus tallos, que presentan este color durante todo el año. Floración Mayo-Agosto, grandes flores amarillas, 2-2,5 cm, con estandarte grande y erecto, en racimos erectos, terminales y gratamente perfumados. Fruto de 5-8 cm x 7 mm, que en la madurez se vuelve glabro y negro. aparecen con el inicio del verano en racimos terminales alargados

En linderos y claros de bosque. Es especie que prefiere suelos profundos y frescos. Como toda leguminosa, forma asociaciones simbióticas con organismos fijadores del nitrógeno atmosférico, lo que contribuye a enriquecer el suelo.

Las semillas contienen cistina y son venenosas. Las fibras que se obtienen de los tallos se usan igual que el lino para hacer cuerdas, velas y tejidos bastos; las ramas jóvenes se usan en cestería. Se usa en jardinería por su floración y olor perfumado.

Matorral degradado y pastizales.

Corydanthus capitatus (L.) Reichenb. fil. (**tomillo andaluz**) , Fam. LABIATAE. Arbustillo compacto, muy ramificado, rígido, de 5 a 40 cm de altura. Hojas de 2-5 mm, rígidas, oblongas, numerosas y agrupadas en fascículos, con muchas glándulas hundidas y con el margen ciliado; vástagos jóvenes tomentosos. Floración Julio-Agosto, numerosas flores rosadas de unos 5 mm, agrupadas en cabezuelas terminales redondeadas de 1-2 cm. Representa fases muy avanzadas de la degradación de la vegetación serial, ocupando suelos muy pobres, especialmente sobre sustratos calizos.

Tradicionalmente usado como condimento, también se emplea en perfumería y medicina por su contenido en una esencia oleosa, el timol.

Dactylis glomerata . (**dactilo, grama de jopillos**) , Fam. GRAMINEAE Hierba perenne, cespitosa que conforma macollas de tamaño medio. Hojas lineares estrechas, a veces de color glauco. Florece en primavera, presentando una inflorescencia terminal de flores hermafroditas reunidas en espiguillas cortamente pedunculadas, separadas entre sí y orientadas hacia el mismo lado.

Propia de los pastizales mediterráneos, aparece en los bordes de caminos, claros de matorral y cortafuegos poco removidos.

Es una planta que soporta el pisoteo del ganado y presenta una elevada aptitud forrajera, por lo que resulta de mucha importancia.

Dittrichia viscosa W. Greuter. (**Altabaca**) , Fam. COMPOSITAE Arbusto bajo, leñoso en la base, raramente llega al metro de altura. Perennifolio, presenta tallos flexuosos, sobre los que se disponen de forma alterna hojas simples, de 3-7 cm, lanceoladas, enteras o algo denticuladas. Son glandulosas y pegajosas, de donde recibe el nombre alusivo de "viscosa", con olor fuertemente resinoso. Floración Agosto-October, las flores se disponen en capítulos amarillos de unos 2 cm de diámetro, cortamente pedunculados. Flores tubulares y liguladas del mismo color.

Es una planta invasora, de carácter ruderal que aparece abundantemente en los márgenes de caminos y tierras removidas, también se ubica en los bordes y zonas más pobres de pinares y de cultivos arbóreos.

Genista umbellata ¿L.?, (**bolina**) , Fam. LEGUMINOSAE. Arbusto de tamaño medio, raramente mayor a 1 m, formando grupos densos, globosos. Aparentemente afilo, de hojas trifoliadas caedizas, tallo siempre verde. Floración Mayo-Julio, flores agrupadas en ramilletes terminales densos, de 3-12 flores amarillas, con el cáliz veloso. Fruto alargado, de 1 cm, veloso.

Se desarrolla sobre suelos muy degradados, especialmente en el piso Termomediterráneo, en localizaciones bien soleadas. Los tallos se han empleado para la fabricación de escobas. También se usa en jardinería por el porte globoso y la intensa floración amarilla.

Lavandula stoechas L. (**cantueso**) , Fam. LABIATAE. Pequeño arbusto grisáceo, erecto, ramificado, de 0,3-1,5 m. Hojas lineares, con el margen enrollado, con denso tomento blanco por ambas caras; presentando el tallo hojas hasta la inflorescencia en la subespecie stoechas, que es la más frecuente en Andalucía, mientras que en la subespecie pedunculata la

inflorescencia se levanta sobre un largo pedúnculo. Floración Abril-Junio, flores numerosas, de color púrpura oscuro, agrupadas en espigas ovales de sección cuadrangular, la cual presenta en la cúspide grandes brácteas terminales lanceoladas, de color púrpura pálido.

Esta especie representa fases muy avanzadas de la degradación de la vegetación seral, desarrollada sobre suelos silíceos. Ocupa suelos muy pobres y de escasa diferenciación vertical.

Ha sido empleada en con fines medicinales y también en perfumería, aunque en este último caso otras especies de este género son más apreciadas, como es el caso de *L. angustifolia* (espliego) y *L. latifolia* (alhucema)

***Rosmarinus officinalis* L. (romero)** , Fam. LABIATAE. Arbusto denso y muy ramificado, 0,5-1,5 m, aromático. Perennifolio, hojas numerosas, lineares, de 2-3,5 cm, verde oscuras, coriáceas, con el margen revuelto, blanco tomentosas por el envés. Floración durante todo el año, flores de color malva pálido, sentadas, en grupitos axilares.

Se desarrolla sobre suelos empobrecidos, principalmente de naturaleza caliza, en fases avanzadas de degradación de la cubierta vegetal. Es una especie termófila y heliófila, por lo que va a ser especialmente abundante en los suelos esqueléticos del piso termomediterráneo.

De esta planta se obtiene el aceite de romero, de uso en perfumería. La planta se utiliza como condimento y para la fabricación de licores. Especialmente apreciada en apicultura por su abundancia en nectar. De uso medicinal por sus propiedades balsámicas, antiespasmódicas y diuréticas.

***Stipa tenacissima* L. (esparto, atocha)** , Fam. GRAMINEAE. Especie herbácea, vivaz, que se presenta formando amplias macollas densas y fuertes. Hojas lineares enrolladas, casi cilíndricas. Florece en primavera, las flores se presentan al final de un tallo encañado, fuerte, de hasta 1,5 m de altura, formando una panícula de color amarillento que asemeja a un plumero similar al carrizo, caña u otras gramíneas duras.

Se encuentra en suelos muy degradados. Tolera muy bien la sequía y altas temperaturas, así como suelos yesosos.

No es apta para uso ganadero, pero sin embargo, su importancia económica ha sido elevada en otro tiempo por su utilidad como fibra vegetal de uso en la vida rural. También se obtiene de ella, una magnífica pasta celulósica (la mejor) que se emplea en la elaboración del papel moneda.

Vegetación de ribera.

***Hedera helix* L. (hiedra)** , Fam. ARALIACEAE. Liana leñosa que trepa mediante un denso sistema de raicillas, a veces tendida sobre el suelo donde forma grandes alfombras; tallo leñoso, de color grisáceo, que puede alcanzar varios decímetros de grosor. Perennifolio, hojas alternas, simples, con el limbo palmeado en los tallos vegetativos y acorazonado en los fértiles, verde lustroso en el que se distingue el color más suave de los nervios principales. Floración Septiembre-Noviembre, flores desnudas, de color verdoso, poco vistosas que se reúnen en umbelas terminales globulares. Frutos globulares, de 6-8 mm, coriáceos, de color negro.

Busca lugares de humedad notable donde instalar sus raíces, trepando sobre troncos de árboles, rocas y paredones. Muy frecuente en las alamedas y olmedas de los cauces de los ríos.

Sus hojas y frutos son irritantes y se han usado antiguamente con fines medicinales. Muy empleada en jardinería, por su rápido crecimiento, para recubrir paredes, alfombrar alcorques y formar emparrados.

***Nerium oleander* L. (adelfa)** , Fam. APOCYNACEAE. Arbusto erecto, de 2-3 m alto, a veces hasta 5 m; tronco recto, de corteza lisa pardo-grisácea. Perennifolio, hojas simples, lampiñas, coriáceas, verticiladas por 3 u opuestas, lanceolado-oblongas. Floración Junio-Septiembre, flores grandes 3-5 cm, rosadas, a veces blancas. Fruto en doble folículo, subcilíndrico, algo curvado, tan largo como la hoja; semillas oblongas, con largos pelos.

Ocupa hondonadas, barrancos, orillas de los cursos de ríos y cauces de ramblas y torrentes estacionales. Indiferente al tipo de suelo, resiste elevadas temperaturas y sequedad del aire, con tal de que sus raíces encuentren cierta humedad. Suele encontrarse acompañadas de tarajes y sauces.

Su madera se emplea para la fabricación de un carbón adecuado para la fabricación de pólvora. Todas las partes de la planta son venenosas, tanto para el hombre como para el ganado. Se emplea habitualmente en jardinería por la vistosidad de su floración.

***Populus alba* L. (alamo blanco)** , Fam. SALICACEAE. Arbol grande, de hasta 30 m; corteza lisa, blanco-grisácea en los jóvenes, resquebrajándose longitudinalmente en los viejos; copa ancha, irregular. Caducifolio, foliación Febrero-Abril, caída Noviembre-Enero; hojas tomentosas en las dos caras al desarrollarse, luego verde-oscuro en el haz y blanco tomentoso en el envés. Floración Febrero-Abril, flores unisexuales, las masculinas agrupadas en amentos de 3-6 cm de largo, lanosos, con escamas oblongas pilosas; los amentos femeninos más largos y delgados, con flores más espaciadas. Fruto en forma de cápsula bivalva, ovoidea, que contienen en su interior gran número de semillas pequeñas, recubiertas de vellos blancos.

Arbol de ribera, de suelos frescos y arenosos en valles bajos, sobre depósitos fluviales modernos, no soliendo subir por encima de los 1.000 m. Suele ocupar la segunda orla del bosque ripícola, a cierta distancia del cauce, pero donde aun el nivel freático se encuentra suficientemente cerca de la superficie del suelo.

Madera poco elástica y de baja resistencia a la intemperie; se usa para armadura de muebles, sillería, juguetería y fabricación de suelos. También muy empleada para la obtención de pasta de celulosa, lo que ha favorecido su repoblación masiva en algunas zonas, aprovechando el rápido crecimiento de esta especie.

***Populus nigra* L. (alamo negro)** , Fam. SALICACEAE. Arbol grande, hasta 30 m de altura, de tronco recto y esbelto, con corteza agrisada-negrucza, que se resquebraja longitudinalmente, formándose entre las grietas unas costillas de color negro; copa amplia, aovada y más densa que la de *P. alba*. Caducifolio, foliación a finales del invierno, perdiendo las hojas paulatinamente a lo largo del otoño; hojas aovado-romboides, de borde aserrado, verdes lustrosas por las dos caras. Floración Febrero-Marzo, extendiéndose a veces hasta Mayo, flores unisexuales, las masculinas agrupadas en amentos gruesos, cilíndricos y colgantes, de 3-9 cm de largo, los amentos femeninos largamente pedunculados, de 7-15 cm de largo, más delgados

que los masculinos. Fruto en forma de cápsula bivalva, ovoidea, que contienen en su interior gran número de semillas pequeñas, parduzcas, recubiertas de abundante borra algodonosa.

Indiferente a la naturaleza petrológica del sustrato, ocupa terrenos aluviales sueltos, de formación reciente y carácter arenoso, requiriendo bastante humedad en el suelo, con renovación del agua. Menos resistente al calor que *P. alba*, ascendiendo hasta los 1.800 m.

Madera blanda, porosa, ligera y poco resistente; útil tan solo para carpintería ligera, empleándose para embalaje, tablazón, sillería y juguetería. También se emplea para la fabricación de pasta de papel.

***Rosa canina* L. (escaramujo)**, Fam. ROSACEAE. Arbusto bastante grande, de 1-5 m, con espinas fuertes, recurvas. Hojas compuestas, con 5-7 folíolos, de 1,5-4 cm, frecuentemente glabro y sin glándulas, bordes dentados. Floración Mayo-Julio, flores blancas o rosáceas, inodoras, de 4-5 cm de diámetro, agrupadas en racimos de 1-5 flores. Fruto de 1,5-2 cm, globular-piriforme, glabro, escarlata intenso.

Muy frecuente en zonas espesas y frescas, con abundante humedad edáfica y protegidos de la excesiva insolación, como barrancas, cauces, setos, etc.

Los frutos son comestibles y ricos en vitamina C. A veces se emplea cultivada en vegetación ornamental, por la abundante floración blanca que produce.

***Rubia peregrina* L. (rubia silvestre)**, Fam. RUBIACEAE. Planta trepadora, de 30-200 cm, con tallos cuadrangulares con espinas recurvas en las esquinas, poco leñoso y de color verde todo el año. Perennifolia, hojas de 1,5-6 cm, ovales o elípticas, con espinas recurvas en el margen y parte inferior del nervio medio, verticiladas y un poco coriáceas. Floración Mayo-Julio, flores amarillo-verdosas, muy poco vistosas, en racimos axilares pedunculados más largos que la hoja. Fruto globular, de 4-6 mm, de color negro brillante.

Forma parte del sotobosque de encinares y alcornoques, en donde aparece a veces como rastrera o irguiéndose y trepando por encima de otros arbustos del matorral. También es frecuente en los setos y maleza de las riberas de arroyos y barrancas frescas con abundante vegetación.

***Rubus ulmifolius* Schott. (zarzamora)**, Fam. ROSACEAE. Planta trepadora que generalmente adquiere conformación de arbusto de hasta 3 m. de altura, fuertemente imbricado. Presenta tallos fuertes, leñosos en la base, que se atenúan hacia el final. Son angulosos y están armados de fuertes púas ganchudas que le sirven para trepar. Hojas compuestas, con varios folíolos ovales desiguales, de color verde oscuro por el haz y ceniciento por el envés, margen aserrado que presenta pequeñas espículas, el peciolo y el nervio medio de la hoja presentan espinas. Floración Mayo-Septiembre, flores blancas o rosadas, de 2-3 cm, en racimos terminales compuestos. Frutos multicarpelares carnosos, de color negro en la madurez, conocidos como moras de zarza, madurando desde finales de verano hasta la entrada del otoño.

Es una planta propia de lugares húmedos, apareciendo en los cauces y arroyos, aunque también en los pedregales, explotando la humedad que permanece bajo las piedras o entre las grietas.

Sirve como refugio o lugar de anidamiento, para muchos animales, a causa de sus armados e impenetrables sarmientos. Sus frutos son comestibles, empleándose también para fabricar mermeladas y licores.

Salix pedicellata Desf. (**saucé**) , Fam. SALICACEAE. Arbol o arbolillo de hasta 10 m de altura; tronco pardo-grisáceo; copa difusa e irregular. Caducifolio, foliación a principio de primavera y caída de la hoja a lo largo de otoño; hojas oblongo-lanceoladas, con punta corta, enteras o levemente dentadas, verdes lampiñas por el haz, reticulado-rugosas por el envés; con estipulas grandes, acorazonadas, en la base del peciolo. Floración precoz de Enero-Marzo, anterior a la aparición de las hojas; flores unisexuales, las masculinas en amentos laterales erectos, oblongos y densos, los amentos femeninos subcilíndricos. Fruto en capsula pedicelada, aovado-cónica.

Ocupa lugares húmedos, sin distinción de suelos, en las riberas de los cauces, isletas e incluso en terrenos pantanosos mal aireados. Constituye la primera franja de vegetación del bosque ripícola. Cuando se desarrolla en el cauce de las torrenteras suele tener un porte arbustivo e intrincado, a causa de las podas provocadas por las avenidas torrenciales.

La madera es porosa, ligera y blanda, poco resistente y que se estropea con los cambios de humedad. Se utilizan principalmente las ramillas jóvenes largas y flexibles, que constituyen el mimbre, que se emplea en cestería y fabricación de muebles ligeros. El carbón del saucé se emplea para la fabricación de pólvora. La corteza es rica en taninos y salicina, de la que se derivan los ácidos salicílicos, de propiedades anti-reumáticas y anti-piréticas.

Smilax aspera L. (**zarzaparrilla**) , Fam. SMILACEAE. Planta trepadora de hasta 10 m. de alto. Tallos débiles, leñosos, muy ramificados, flexuosos, muy angulosos y provistos de espinas o uñas revueltas con las que se sujeta al soporte. Hojas de 4-10 cm, verde lustrosas, lanceoladas o triangulares, con la base del limbo acorazonado, relativamente puntiagudas, con espinas en el margen y envés del nervio medio; del peciolo surgen dos zarcillos sarmentosos que le ayudan a afianzarse. Floración Agosto-Octubre, plantas unisexuales, con ejemplares masculinos y femeninos, en ambos casos con flores verdosas-amarillentas, diminutas, en racimos un tanto corimbosos, ramificados, terminales o axilares. Frutos en baya carnosa, de unos 7 mm, de color rojo o negro brillante.

Se encuentra como liana en el interior del bosque y matorral mediterráneo, también en zonas de malezas, en lugares frescos y con cierta humedad ambiental, como en las margenes de arroyos y torrentes.

Los turiones jóvenes, parecidos a los del espárrago, son comestibles. También tiene aplicaciones medicinales.

Tamarix gallica L. (**taraje**) , Fam. TAMARICACEAE.

Arbol o arbusto de 2-3 m, a veces hasta 10 m; tronco de corteza parda, agrietada; ramas delgadas, flexibles, algo caídas, de corteza pardo-rojiza. Perennifolio, hojas simples, alternas, muy pequeñas, escamiformes, aovado-agudas. Floración Mayo-Julio, flores hermafroditas, pequeñas, blancas o rosadas, en racimos de espigas subterminales, sobre las ramillas del año. Fruto capsular, trígono, apiramidado, dehiscente por tres valvas, madura en otoño.

Indiferente en cuanto a suelos, es muy abundante en los bordes de ramblas y cauces estacionales, también puede ocupar dunas y arenales costeros, siendo muy resistente a la salinidad del suelo, por lo que forma parte de las orlas de vegetación de marismas y saladares.

La leña de los tarajes es empleada como combustible en tejares y hornos de cal y yeso. Esta especie también se emplea en jardinería ornamental por el colorido de su floración; así como en la repoblación de las márgenes de los ríos, para evitar su derrumbe, así como en ramblas para contener el aterramiento.

***Ulmus minor* Mill. (olmo común)** , Fam. ULMACEAE. Arbol mediano, 15-20 m, aunque en algunos países europeos puede llegar a 40 m; produce fuertes raíces laterales, casi superficiales, muy alargadas; tronco grueso, recto y elevado, con corteza gris-parduzca que con la edad se vuelve más oscura. Caducifolio, foliación Marzo-Mayo; hojas simples, alternas, con peciolo corto, ovales y desigualmente acorazonadas en la base, borde aserrado, verde intenso en el haz y más claras en el envés. Floración precóz en Febrero-Marzo, flores hermafroditas, en fascículos globulosos sobre las ramitas del año anterior. Fruto monospermo, en samara oval, primero verde y luego pardo-amarillento, que aparecen antes que las primeras hojas

Requiere terrenos sueltos y de bastante fondo, frescos y fértiles, con suficiente disponibilidad de agua, aunque no de tanta como los alamos, ocupando la franja más alejada del cauce. No resiste frios intensos, por lo que las mejores olmedas se encuentran en vegas abrigadas, subiendo hasta los 1.500 m.

Madera dura y tenaz, pesada, elástica y difícil de hendir. Buena para la construcción y carpintería, especialmente para piezas que han de sufrir golpes y rozamientos, así como estar expuesta al agua y la humedad. Diversas partes de la planta tiene usos medicinales, También se suele emplear en jardinería. Actualmente muchos olmos se encuentran afectados por un hongo *Cerastocistis ulmi*, que produce la grafiosis.

Especies cultivadas y ornamentales.

***Amygdalus communis* L. (almendro)** , Fam. ROSACEAE. Arbol pequeño, de 10-12 m de talla, copa irregular, corteza lisa en los tallos jóvenes, negruzca y agrietada en los viejos. Caducifolio, hojas simples, alternas, oblongo-lanceoladas, con el borde aserrado, cortamente pecioladas. Floración precoz, Enero-Marzo, antes que la foliación; flores subsentadas, geminadas o solitarias, blancas o rosáceas. Fruto drupáceo, ovoideo-comprimido, (almendruco), vellosa aterciopelada al exterior, pericarpo coriáceo, dehiscente a la madurez por la sutura central, endocarpo leñoso; semilla grande (almendra).

Ampliamente cultivado desde antiguo. Procendente del suroeste asiático, traído posiblemente por los romanos. Subespontáneo en las regiones del sur de España; indiferente en cuanto a suelos, aunque prefiere los bien soleados, calizos y no expuestos a heladas primaverales

Su aprovechamiento principal es la semilla, la cual se consume en verde y seco, especialmente en pastelería. De ella se obtiene aceite de numerosas aplicaciones en perfumería y medicina.

***Agave americana* L. (pita)** , Fam. AGAVACEAE. Planta caracterizada por sus enormes rosetas, 2-4 m de diámetro, de grandes hojas espinosas en forma de sable. Florece tan solo una vez en su vida, al cabo de 10-15 años, en verano, produciendo un gran vástago de hasta 10 m de altura, con flores amarillentas en densos racimos espiciformes, constituyendo una enorme inflorescencia piramidal; tras la floración la planta muere.

Originaria de Mejico, muy cultivada hasta hace poco tiempo en España mediterránea, por la variedad de usos de esta planta. Las fibras se han empleado para la fabricación de cuerdas y tejidos, de la cochinilla *Coccus cacti* que se desarrollaba sobre esta planta, se extraía un colorante rojo; el almidón se empleaba para alimento del ganado; de la fermentación del jugo extraído de los vástagos jóvenes se fabrica en Sudamerica el licor denominado pulque.

***Castanea sativa* Mill. (castaño)**, Fam. FAGACEAE. Arbol corpulento, hasta 35 m de altura, porte regular, sistema radicular potente, medianamente profundo y muy extendido; corteza lisa, verde-parduzca o pardo-rojiza en los jóvenes, que se va agrisando y oscureciendo con la edad. Caducifolio, de hojas simples, de 15-25 cm, alternadas, oblongo-lanceoladas, pubescentes en el envés, al menos junto a los nervios, borde dentado. Floración Mayo-Junio, flores unisexuales, las femeninas en pequeños grupos al pie de las masculinas, las cuales se agrupan en amentos erectos. El fruto es un aquenio ovoideo, ancho, con pericarpio duro, lustroso, de color castaño, encerrado en una cupula espinosa, primero verde luego amarillenta, que se hiende irregularmente por 2-4 valvas.

Cultivado desde la antigüedad, actualmente se extiende por gran parte de la península. Especialmente abundante en las zonas húmedas, con precipitaciones superiores a 600 mm anuales, y en pisos mesotérmicos. Prefiere sustratos silíceos, aunque también puede desarrollarse sobre calizas.

Su principal aprovechamiento es la castaña, de amplio uso en repostería y alimentación. La madera recuerda a la de los robles, resistiendo bastante bien la humedad, siendo buena para la construcción, ebanistería, tonelería, parquet, etc..

***Ceratonía siliqua* L. (algarrobo)**, Fam. LEGUMINOSAE. Arbol de poca altura, 5-10 m, raramente más; tronco de corteza pardo-grisacea, bastante lisa, copa amplia y muy densa. Perennifolio, hojas compuestas, alternas, pinnadas, con 6-10 folíolos coriáceos, ovales; lampiños, verde-oscuro por el haz, más pálidos por el envés. Floración Mayo-Octubre; flores unisexuales, muy pequeñas, en racimos axilares. Fruto en legumbre alargada, de hasta 20 cm, comprimida, coriacea, de color oscuro.

Cultivado desde antiguo, muy difundido por los árabes a partir del siglo XII; posiblemente procedente de Arabia y Siria. Se aprovechan especialmente los frutos, comestibles, sobre todo como alimento del ganado. El quilate, unidad de peso de los materiales preciosos, recibe su nombre del árabe querat, que es la semilla del algarrobo.

***Olea europaea* Var. *oleaster* L. (olivo)**, Fam. OLEACEAE. Arbolito con frecuencia retorcido y leñoso, de 6-10 m de altura; tronco grueso, de corteza pardo-grisacea; copa densa, redondeada. Perennifolio, hojas simples, opuestas, coriáceas, oblongo-lanceoladas, cortamente pecioladas, verde oscuras en el haz, envés cubierto de pelos aparasolados, blanco-plateados. Floración Mayo-Junio, flores blanquecinas, hermafroditas, pequeñas, en racimillos axilares. Fruto en drupa, aceituna, de color verde pasando a negro-purpúreo con el tiempo; pericarpio carnoso, oleaginoso; endocarpo grueso oseo; maduración otoño-invierno

Muy cultivada desde antiguo, procedente posiblemente del suroeste de Asia, naturalizada en gran parte de Europa mediterránea. La variedad *sylvestris* (acebuche) comparte el piso bioclimático termomediterráneo en asociación con alcornoques (*Asoc. Oleo sylvestris-Querceto suberis* S.) y encinas (*Asoc. Oleo sylvestris-Querceto rotundifoliae* S.), y también formando en ombroclimas subhúmedo-húmedo, sobre tierras de bujeo, acebuchales (*Asoc. Tamo communis-Oleeto sylvestris* S.). Los olivares se han desarrollado en su mayoría, sobre zonas cuya vegetación climática natural correspondería a encinares y alcornoques.

Madera muy dura y compacta, de muy alta densidad, a veces superior a 1, muy estimada para ebanistería de lujo y talla, especialmente la de cepa. Su madera es un excelente combustible proporcionando un carbón de primera calidad. El principal aprovechamiento de esta especie, es la extracción del aceite de las aceitunas y el empleo de estas como alimento tras maceración y/o aliñado.

***Vitis vinifera* L. (vid)**, Fam. VITACEAE.

Planta trepadora leñosa, de hasta 30 m de altura, con zarcillos ramificados que le sirven para afianzarse. Hojas de 5-15 cm, palmatilobadas, con 3-7 lobulos profundos toscamente dentados, muy pecioladas. Floración Mayo-Junio, flores verdosas, en densos racimos opuestos a las hojas. Fruto carnoso (uva), en racimos, de color verde, rojizo o negro azulado. Cultivada desde muy antiguo, posiblemente originaria de Asia occidental, frecuentemente asilvestrada. Frutos comestibles, tanto en fresco como secos (pasas). Del jugo fermentado se obtiene el vino, coñac y numerosos licores.

COORDINACIÓN REGIONAL DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO

¿QUÉ ES UNA CUENCA?

Cuenca es un área donde se capta el agua de lluvia, de deshielo o de corrientes subterráneas y que escurre hacia un mismo punto (puede ser un lago, corriente o acuífero). Los límites de una cuenca son los terrenos más elevados que la rodean.

En las cuencas confluyen diferentes recursos naturales, como el suelo, la vegetación y la biodiversidad, y también las poblaciones humanas. La estrecha relación entre estos recursos con el ciclo hidrológico hace que la cuenca sea la unidad funcional más adecuada para el manejo de recursos.

Cuenca hidrológica.

LA CUENCA DE MÉXICO

La Cuenca de México se encuentra en la región centro del país. Está integrada por el Distrito Federal y parte de los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala. En ella residen alrededor de 20 millones de habitantes, repartidos en 2,627 localidades, distribuidas principalmente en el Distrito Federal y el Estado de México.

Ubicación de la Cuenca de México. Ilustración: SEMARNAT

La Cuenca de México presenta severos problemas ambientales. El deterioro se debe, en buena parte, a la falta de planeación urbana y al mal manejo de los recursos naturales. Así, tenemos que en las últimas décadas esta región ha presentado una severa transformación de su cobertura vegetal. Por ejemplo, de 1993 al 2000 se perdió el 25 por ciento de la cobertura natural. Esta situación pone en riesgo la disponibilidad de madera, suelos y agua, y amenaza la recarga de los acuíferos, la biodiversidad, la purificación del aire y la fertilidad del suelo de la

Cuenca. Pérdida de cobertura vegetal, Estado de México. Foto: AÉCP Por otra parte, la generación de residuos sólidos ha sobrepasado la capacidad de los basureros. Como ejemplo, en la Ciudad de México se producen diariamente 19,850 toneladas de residuos

Adicionalmente, estos residuos producen líquidos que se infiltran (lixiviados) y que contienen hasta un tres por ciento de metales pesados que contaminan los suelos y las aguas subterráneas. Esto pone en riesgo la salud de la población, ya que pueden provocar, como en otras partes del mundo, enfermedades como el cáncer, retraso mental y deformaciones congénitas. El manejo del agua en la Cuenca de México ha sido inadecuado. Los acuíferos se sobreexplotan en 1,283 millones de metros cúbicos al año (cantidad suficiente para satisfacer las necesidades anuales de más de trece millones de personas), aunque tan sólo abastecen el 70 por ciento de la demanda. En el Distrito federal y Estado de México se reparan mensualmente un promedio de 3,800 fugas; sin embargo, se estima una pérdida del 40 por ciento en las redes de distribución de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Además, sólo el 10 por ciento de las aguas residuales son tratadas y recicladas. Si no se toman rápidamente medidas integrales de manejo del agua, estos problemas se agudizarán y provocarán serios conflictos entre estados, como los existentes entre el Estado de México y el Distrito Federal.

Contaminación del agua, Mixquiahualac, Hgo. SEMARNAT

Las emisiones de vehículos automotores y de la industria han convertido a la ZMCM en la región más contaminada del país. Los niveles de partículas suspendidas en el aire (PM10), de dióxido de nitrógeno (NO₂) y de ozono (O₃), son alarmantes. En 2001, por ejemplo, el 85 por ciento de los días tuvo una concentración de ozono superior a la norma (0.11 ppm durante 1 hora y con una frecuencia no mayor a una vez cada tres años). Esto ha ocasionado problemas de salud pública, principalmente enfermedades en las vías respiratorias, como asma, enfisema pulmonar, bronquitis y alergias. Por si fuera poco, la contaminación atmosférica también ha deteriorado la cobertura forestal de la Cuenca de México. Emisión de contaminantes a la atmósfera, D.F. Foto: AÉSEMARNAT Los problemas anteriores son producto del acelerado crecimiento de la población y de los patrones poco sustentables de producción y consumo.

MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS (MIC)

El uso sustentable de los recursos naturales requiere un enfoque integral, participativo y adaptativo. El manejo integrado de cuencas (MIC) es precisamente eso. Integra porque considera el manejo conjunto de recursos, empleando diferentes disciplinas. Es participativo, pues incluye las opiniones de los diversos actores y la cooperación entre estos. Es adaptativo, puesto que permite evaluar y, de ser necesario, corregir las políticas de conservación.

LA COORDINACIÓN REGIONAL DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO

Para dar cumplimiento al Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001–2006, que establece como una de sus estrategias el manejo integral de recursos naturales, la SEMARNAT ha creado la Coordinación Regional de la Cuenca del Valle de México (CCM). De esta manera, se vincularán las políticas ambientales para el manejo de bosques, agua y biodiversidad. Esta Coordinación establecerá el MIC en toda la cuenca. Su ámbito de competencia incluye 99 municipios: 56 del Estado de México, 39 de Hidalgo, 4 de Tlaxcala y las 16 delegaciones del D.F. La Coordinación tendrá una oficina central, ubicada en Naucalpan, Estado de México, y representaciones territoriales en cada uno de los estados que la

conforman. **ACCIONES DE LA CCM** Ante la complejidad de los problemas ambientales de la región, la SEMARNAT, a través la Coordinación Regional de la Cuenca del Valle de México, promoverá acciones en distintas áreas. Para el manejo de la cobertura vegetal y la biodiversidad: Se identificarán zonas prioritarias para reforestación, principalmente en las partes altas de la cuenca que son el hábitat de especies silvestres.

Se establecerán programas de control de erosión que ayudarán a conservar la fertilidad de los suelos.

Se instrumentarán mecanismos para el pago de los servicios ambientales por parte de los habitantes de las zonas urbanas, en especial de la ZMCM.

Se implementará el programa de ordenamiento ecológico de la cuenca, para establecer los usos adecuados del suelo.

Bosque de coníferas, Estado de México. Para el manejo apropiado de los residuos sólidos:

Se incrementará el reciclaje de residuos sólidos.

Se reglamentarán los sitios para la disposición de residuos sólidos y se actualizará el marco jurídico existente.

Se fortalecerá el "Programa Nacional para la Limpieza de Sitios Contaminados".

Se evaluarán y se hará un monitoreo en los sitios de disposición de residuos para determinar si se cumplen con la normatividad.

Centro de acopio de plásticos "Tula-Tepetitlán".

Para el manejo integral del agua:

Se protegerán las áreas de recarga de acuíferos.

Se conservarán las zonas forestales de las partes altas de la cuenca.

Se promoverán acuerdos para el mantenimiento de la red hidráulica.

Se aplicará la normatividad vigente para garantizar el tratamiento y reuso del agua.

Se supervisará la cantidad y calidad del agua de la cuenca, lo que permitirá un mejor manejo del recurso.

Planta de tratamiento de agua residual

Para mejorar la calidad del aire:

Se hará compatible la iniciativa de manejo integral de cuencas con el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2001-2010.

Se intensificarán las auditorías ambientales para otorgar los certificados de "industria limpia".

5. Suelos de conservación

El Suelo de Conservación del Distrito Federal

El suelo de conservación del Distrito Federal

El 59 por ciento del territorio del D. F. es denominado suelo de conservación y en él existen ecosistemas naturales, tierras de uso agropecuario, áreas naturales protegidas, poblados rurales, zonas culturales y sitios arqueológicos.

En 8 delegaciones del Sur del D. F. aún se encuentran bosques de pino, pino-encino, oyamel, matorrales y pastizales. De éstas, 5 destacan por su riqueza biológica: Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Álvaro Obregón y Tlalpan.

El suelo de conservación brinda numerosos beneficios a la población del D. F.: es fuente de oxígeno y principal captador de agua, es una barrera contra diversos contaminantes, proporciona maderas, plantas medicinales y alimentos, captura bióxido de carbono, previene la erosión del suelo y preserva la flora y la fauna de la región.

En el D. F. las zonas importantes en aves son: los bosques templados de la Delegación Milpa Alta; La cima al sur del poblado Parres, la Reserva Forestal del Volcán Pelado y el Parque Nacional Cumbres del Ajusco, en la Delegación Tlalpan; el Parque Cultural y Recreativo Desierto de Los Leones, en la Delegación Cuajimalpa; y la Cañada de Contreras, los Dinamos y los bosques ejidales de San Nicolás Totolapan, en la Delegación Magdalena Contreras.

También se encuentran una gran diversidad de mariposas como las 13 especies que se observan en la zona de los Dinamos de la Delegación Magdalena Contreras.

Presentación A través de la historia del Distrito Federal, los recursos naturales han desempeñado un papel significativo para la evolución de nuestra sociedad, y en relación con estos, se ha conformado la identidad social, productiva y cultural de pueblos, comunidades y ejidos de esta área. Los recursos naturales han mantenido la vida de todos los que habitan la Ciudad de México y la Zona Metropolitana y han contribuido a elevar su calidad de vida.

El Distrito Federal posee en más de la mitad de su territorio (88,652 ha que representan aproximadamente 59% de la superficie de la entidad) características climáticas, topográficas y edafológicas que hacen posible la existencia de ecosistemas importantes. Estos ecosistemas albergan especies de flora y fauna silvestre y otros recursos naturales importantes y proporcionan bienes y servicios ambientales relevantes para la sobrevivencia de la población.

La importancia de estos recursos naturales reside en ámbitos diversos no sólo de la vida local, sino nacional. Desde el punto de vista biológico, aún cuando el Distrito Federal es la entidad más pequeña del país, ocupa el lugar 23 en cuanto a número de vertebrados mesoamericanos endémicos, y el lugar 24 en número de especies endémicas estatales (es decir que estas especies se distribuyen únicamente en esta entidad).

Ambientalmente, la vegetación natural del Distrito Federal constituye el principal elemento de estabilización de suelos y conservación de los ciclos hidrológico y biogeoquímicos, así como un medio importante para la captura de carbono y retención de partículas suspendidas.

Desde la óptica socioeconómica, los recursos naturales proporcionan una amplia gama de productos de subsistencia utilizados por los pueblos y comunidades rurales locales, así como los que potencialmente representan actividades productivas sustentables y el aprovechamiento de sitios para el turismo o recreación. Asimismo, los recursos naturales constituyen la base del desarrollo de nuestras culturas por lo que representan para los usos y costumbres de los pueblos y comunidades indígenas que habitan en los diversos ecosistemas.

Así, los diversos recursos naturales filtran el aire que respiramos y el agua que bebemos y ofrecen lugares importantes para la recreación por su belleza escénica. Asimismo, soportan un importante sector económico que contribuye al bienestar de muchas de las delegaciones del D.F. que posee en su territorio Suelo de Conservación.

La mayoría de los terrenos del Suelo de Conservación son de propiedad social, principalmente en la Delegación Milpa Alta (en donde el 100% de su territorio es clasificado como rural), lo que enriquece aún más los diversos aspectos que caracterizan a estas áreas. Estas características han delineado una de las metas más importantes para el Gobierno del Distrito Federal: asegurar que nuestros recursos naturales y las zonas agrícolas que aún se conservan puedan integrar valores ambientales, socioeconómicos y culturales.

Introducción El Distrito Federal ocupa una extensión aproximada de 149,830 ha y se puede dividir en dos áreas básicas considerando los usos de suelo y actividades que la población ha desarrollado durante las últimas décadas: Área de Desarrollo Urbano (ADU) y Área de Conservación Ecológica, hoy denominada Suelo de Conservación (SC). En la primera, se llevan a cabo las actividades de uso y destino del suelo inherentes a la zona urbana de la Ciudad de México. Para esta zona, los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano definen qué usos de suelo y tipo de construcciones pueden ser desarrolladas en función de las características físicas y urbanas de la zona.

Importancia del Suelo de Conservación El Suelo de Conservación posee características que, además de favorecer la existencia de especies de flora y fauna de valor comercial, ofrece bienes y servicios ambientales en beneficio de toda la población del Distrito Federal a través del papel multifuncional de los recursos naturales que albergan. Entre los bienes y servicios que proporcionan se encuentran: la infiltración de agua para la recarga del acuífero, del cual proviene aproximadamente 70% del agua que consume la Ciudad de México; barrera contra partículas producto de la contaminación, tolvaneras e incendios; captura de CO₂ (un gas que contribuye al calentamiento del planeta); estabilidad de suelos al evitar la erosión, y numerosos productos medicinales y alimenticios que consumen los habitantes de la zona rural del D.F.

Además de incluir suelos con aptitud para el desarrollo de actividades económicas primarias, como las agrícolas, pecuarias y acuícolas, en el Suelo de Conservación también se localizan Áreas Naturales Protegidas (ANP's), importantes para la conservación de la diversidad biológica del Distrito Federal. El establecimiento del sistema de ANP's y los programas de manejo que se derivan de las mismas constituyen instrumentos de política ambiental relevantes, ya que deberán estar en concordancia con los objetivos de desarrollo de los pueblos, ejidos y comunidades que habitan dentro o en su periferia.

Distribución espacial en relación con las delegaciones del Distrito Federal

Esta área ocupa parte del territorio de las delegaciones Alvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, La Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. De acuerdo a programas oficiales como el Programa General de Desarrollo Urbano, los Programas Delegacionales, la declaratoria de la Línea Limítrofe entre el Área Urbana y el Área de Conservación, entre otros, se estimó que la superficie considerada como

Suelo de Conservación era de 86,804 ha, lo que constituye el 57% de la superficie total del territorio del Distrito Federal. Sin embargo, a través de la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG), herramienta utilizada para el almacenamiento, manejo y reporte de datos referenciados geográficamente, y con base en la descripción proporcionada por los documentos citados, se determinó que la superficie actual del Suelo de Conservación es de 87,204 ha, que corresponden a poco más del 59% del área total del Distrito Federal. Los límites del Suelo de Conservación son: al norte, este y oeste, el Estado de México y al sur, el Estado de Morelos.

La sección más grande del Suelo de Conservación abarca una superficie de 87,204 ha, y se extiende por toda la Sierra del Chichinautzin, la Sierra de las Cruces y la Sierra del Ajusco, el Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, así como en las planicies lacustres de Xochimilco-Tláhuac y Chalco. Asimismo, la porción más pequeña del Suelo de Conservación abarca solamente 1,238 ha y está localizada al norte del Distrito Federal, en la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Tepeyac.

Tres delegaciones políticas abarcan la mayor proporción del Suelo de Conservación. Casi dos terceras partes se ubican en las delegaciones Milpa Alta (32%), Tlalpan (29%) y Xochimilco (12%)...

6. Acciones del Gobierno del Distrito Federal

El Distrito Federal pertenece a esta región donde se concentra el 2 por ciento de la diversidad del planeta. Esta riqueza es de todos, por eso el Gobierno del Distrito Federal realiza, junto con los habitantes de esta Ciudad, las siguientes acciones:

- Seguimiento a los programas planteados en el Ordenamiento Ecológico del Suelo de Conservación en el D.F.
- Impulso del proyecto de Jardín Botánico en la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec.
- Impulso a programas de Educación Ambiental a través de sus museos, zoológicos y centros de educación ambiental.
- Estudio de Factibilidad para la Recarga del Acuífero y la Conservación de los Recursos Naturales del Suelo de Conservación del Distrito Federal.
- Creación y conservación de áreas naturales protegidas.
- Campañas de reforestación.
- Promoción de proyectos de ecoturismo Control del crecimiento de la mancha urbana a través del Bando 2.

Por su valor actual, por su enorme potencial económico, por los invaluables servicios que presta y por razones éticas, la biodiversidad debe ser considerada como un recurso de gran valor para nuestra ciudad y para el país. **En el Distrito Federal tú también pones el ambiente.**

Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002

PRESENTACION

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Gobierno del Distrito Federal (GDF) se congratulan en presentar la publicación Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002, cuyo objetivo general es proporcionar una base estructurada de información sobre la dinámica ambiental y sus interrelaciones económicas y

oficiales de la metrópoli más importante del país, de tal forma que los órganos de gobierno, los especialistas y el público en general cuenten con las herramientas necesarias para la toma apropiada de decisiones.

Este es el tercer compendio de estadísticas del medio ambiente sobre dicha metrópoli, el cual es resultado de la conjunción y coordinación de esfuerzos institucionales entre los niveles estatal y central de la administración pública para integrar sus acervos de información bajo lineamientos conceptuales de la estadística ambiental. Esta experiencia arroja nuevas lecciones y desafíos en torno al futuro desarrollo de la estadística ambiental a nivel local y propiciará la incursión de ésta hacia nuevos horizontes, dimensiones y enfoques de la problemática ambiental en México.

En su elaboración participaron: la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, que generó e integró información y coordinó la elaboración de temas del Gobierno del Distrito Federal; la Secretaría de Ecología del Estado de México, que aportó una parte de la información sobre los municipios conurbados; y el INEGI, a través de la Dirección de Estadísticas de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Dirección General de Estadística, que tuvo a cargo las funciones de diseñar e integrar la estructura y contenidos temáticos en concordancia con las recomendaciones conceptuales y metodológicas en la materia, así como desarrollar los temas de índole socioeconómica relacionados con el medio ambiente.

Con el presente compendio el INEGI continúa proporcionando a los usuarios un amplio acervo de información en el marco de los Servicios Nacionales de Estadística y de Información Geográfica. A su vez, el Gobierno del Distrito Federal cumple con el compromiso de realizar y poner a disposición del público una fuente de información para el conocimiento de la realidad ambiental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Queda a los usuarios e interesados en la materia, y sobre todo a la comunidad metropolitana y sus organismos de participación, la tarea de discutir y retroalimentar la obra que ahora se pone a su consideración.

Índice temático

- 1 TERRITORIO Y DIMENSIÓN SOCIOECONÓMICA
- 2 RECURSOS NATURALES Y SERVICIOS AMBIENTALES
- 3 ASENTAMIENTOS HUMANOS Y SUSTENTABILIDAD
- 4 ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE
- 5 GESTIÓN AMBIENTAL
- 6 HACIA UN SISTEMA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD URBANA PARA LA ZMCM

Módulo IV Economía Ambiental, del 30 de marzo al 05 de abril (15 horas).

1. Economía ambiental

La economía ambiental abarca el estudio de los problemas ambientales empleando la visión y las herramientas de la economía. Actualmente, existe un concepto erróneo de Economía, ya que lo primero que se piensa es que su campo de estudio es en su totalidad sobre decisiones de negocios y cómo obtener rendimientos en el modo de producción capitalista. Pero la Economía se enfoca sobre las decisiones que realizan actores económicos sobre el uso de recursos escasos.

Para iniciar el estudio sobre economía ambiental, primero definámosla en el espacio económico:

- ECONOMÍA
 - MICROECONOMÍA
Estudio de la empresa y del consumidor
 - ECONOMÍA DEL BIENESTAR
 - ECONOMÍA AMBIENTAL
Optimización en la explotación de recursos, medios de gestión ambiental e instrumentos para lograr el desarrollo sustentable.

UNA PERSPECTIVA ECONÓMICA

A partir de la tercera división del trabajo en la comunidad primitiva, se logra iniciar una evaluación del impacto del hombre sobre su medio ambiente, desde la perspectiva de un desarrollo económico cuya finalidad es la de buscar calidad de vida y satisfacer necesidades. Pero para alcanzar estos objetivos el ser humano causa la destrucción de su ambiente; pero sólo en los tiempos modernos se ha iniciado un rescate oportuno en la salvaguarda de los recursos naturales.

Pero una primera idea que se debería autocuestionar es ¿por qué causar el deterioro del medio ambiente?, para responder se puede hacer alusión a diversas causas, la más común, sería por una falta de respeto implícita en la cultura de la sociedad, la carencia de ética, o el simple posicionamiento de "no hacer nada". El cuidado de los recursos naturales no requiere de una actitud pasiva, sino de un trabajo activo e inmediato, por medios que realmente propongan soluciones y no agraven la condición actual.

Las mejores propuestas para alcanzar la protección y preservación del medio, es en la concientización de las personas en sus ámbitos de consumo, y de la responsabilidad inherente de las instituciones privadas y públicas a crear incentivos que conduzcan a los consumidores a tomar decisiones en una dirección determinada.

Las empresas deben implementar medidas estratégicas que evalúen los efectos sociales, tecnológico – culturales, económicos y ecológicos, que permitan crear una cultura ambiental, y olvidarse de ganancias que se obtengan a expensas del medio ambiente. Así como los grandes corporativos establecen un costo social, deberían comenzar a considerar un costo ambiental, en donde las actividades sean en pro del medio ambiente e inclusive complementarias.

Por otro lado, no sólo las empresas son fuente de contaminación, los consumidores individuales contribuyen a esta problemática de una manera potencial, un ciudadano no cuenta con un registro contable que le permita conocer la utilidad o pérdida que le ocasiona contaminar, pero sí conoce las consecuencias de hacerlo.

Cualquier estructura económica producirá un impacto ambiental destructivo si los incentivos no están encaminados a evitarlo. El incentivo es una ganancia adicional que influye sobre el comportamiento de las personas, por ejemplo una persona que esta acostumbrada a tirar desechos de aluminio a la calle, de pronto se da cuenta que le resulta más rentable juntarla y venderla para su reciclaje. Otros aspectos que influyen en el comportamiento de las personas

son los factores psicológicos como la autoestima o la satisfacción de haber realizado una acción positiva.

Pero un incentivo económico tiene implicaciones más sobresalientes, ya que éstos representan problemas microeconómicos y macroeconómicos. En el primer caso tiene que ver con el comportamiento de los individuos o microempresas, firmas contaminadoras y firmas reguladoras de impacto ambiental. En el caso macroeconómico se refiere a las reformas estructurales reflejadas en un desarrollo del país visto como un todo. Estos dos aspectos resultan de vital importancia para poder emitir políticas ambientales coherentes con la coyuntura económica.

Otro aspecto que ha cobrado importancia en el campo de la economía ambiental es la correlación de los impactos del crecimiento económico en la calidad ambiental, esta problemática tiene infiltraciones serias en el comportamiento de los consumidores y en la planeación económica familiar. Uno de los principales foros donde se evalúan estos temas de manera crítica y objetiva es en la Organización de las Naciones Unidas, tanto por los países desarrollados como por los subdesarrollados dependientes y atrasados.

¿CALIDAD DE VIDA VS. CALIDAD AMBIENTAL?

No podemos hablar de un verdadero desarrollo económico si primero no revisamos las políticas en materia ambiental, la sociedad debe estar comprometida a buscar una representación democrática que exponga de manera clara las carencias que comparten y que comúnmente se agravan con el paso del tiempo.

La sociedad no aprueba medidas legislativas que solucionan parcialmente problemas de la realidad, no se puede hablar de calidad de vida, medida por un PIB per cápita, si no hablamos de medidas de impacto ambiental que buscan una mejor calidad ambiental, se debe entender que ambos objetivos no son rivales, sino complementarios.

Actualmente el papel del economista ha cobrado importancia en la resolución de controversias al aplicar métodos de análisis como el de riesgo, costo-beneficio y el de costo-efectividad.

- **Análisis costo- efectividad** : Éste es simplemente un análisis en el cual se observa la manera más económica de lograr un objetivo determinado de calidad ambiental o, expresándolo en términos equivalentes, de lograr el máximo mejoramiento de cierto objetivo ambiental para un gasto determinado de recursos.
- **Análisis costo- beneficio** : En este tipo de análisis, como su nombre lo indica, los beneficios de la acción propuesta se calculan y comparan con los costos totales que asumiría la sociedad si se llevara al cabo, dicha acción. Pero es relevante decir que los grupos ambientalistas se inclinan normalmente por los beneficios y los grupos de negocios se concentran usualmente en los costos.
- **Análisis de riesgos** : Los dos elementos esenciales en el análisis de riesgos consisten en identificar y cuantificar estos riesgos. La identificación depende, en gran medida, de la información disponible; por ejemplo, el costo real para emprender una determinada actividad. La evaluación depende de una combinación de las matemáticas con la valoración subjetiva del analista.

2. Políticas e Instituciones

Procesos políticos

En materia de regulación ambiental, un problema central, y altamente complejo, es identificar y asociar problemas ambientales con los procesos que los causan, así como con los niveles de actividad necesarios para mitigarlos de manera racional. Igualmente central y difícil es la decisión de hasta dónde restringir actividades para obtener resultados ambientales satisfactorios. Estos dos problemas, que son quizás los más importantes en el diseño de políticas de regulación, son comunes tanto a enfoques normativos o de comando y control como a enfoques de incentivos a través de impuestos correctivos o sistemas de derechos comercializables. Así, queda un margen reducido para las ventajas adicionales que puedan ofrecer estos últimos. Los incentivos económicos no eliminan la necesidad de tomar decisiones sobre actores y actividades a quien regular y sobre las limitaciones que deben imponerse a los mismos, lo que en el fondo tampoco eliminó el riesgo y la incertidumbre inherente a toda política regulatoria en materia ambiental.

En cualquier circunstancia es preciso aceptar que la definición de objetivos ambientales, y la identificación de los objetos de regulación es un proceso que tiene un alto contenido político y que resulta inevitable tanto para la normatividad como para los incentivos económicos.

Otra de las razones cruciales que explican el muy limitado éxito de los impuestos correctivos ambientales como instrumentos de política, se relaciona con las expectativas de la opinión pública sobre el mandato que asumen normalmente las autoridades ambientales. En realidad esta autoridad tiene como responsabilidad la protección de los ecosistemas y del ambiente y no la eficiencia económica ni el balance de costos/beneficios en la aplicación de la regulación ambiental. De ahí que el uso de instrumentos económicos, cuya principal bondad es la eficiencia y un mejor balance neto de costos y beneficios, tiende a quedar fuera de sus intereses y posibilidades inmediatas. Debe reconocerse que el enfoque de comando y control ofrece a la autoridad regulatoria resultados más o menos predecibles, lo cual, para la burocracia en general y para los funcionarios en particular, constituye un elemento de seguridad en su desempeño, y por lo tanto en su permanencia misma al frente de las instituciones a cargo de la política ecológica.

Al contrario, los impuestos correctivos, al fijar un precio o una factura por el uso de los recursos ambientales dejan incierto, por lo menos en las etapas de diseño e implementación, el balance final de los esfuerzos de política, aunque se sepa de las ventajas en eficiencia de estos instrumentos. En todo caso, lograr la eficiencia económica no está por lo general dentro de los objetivos ni dentro de los parámetros de valuación en la función pública de las autoridades ambientales. A modo de conclusión Para concluir, se considera que las precondiciones para avanzar en la integración de políticas consisten en:

- Realizar valoraciones que guíen la toma de decisiones y la formulación de la política ambiental, avanzando en la comprensión y vinculación entre los diversos problemas ambientales y en las interacciones entre medio ambiente y desarrollo; Aumentar la capacidad para la evaluación integral y para efectuar pronósticos y análisis del impacto ambiental de las opciones de políticas alternativas;
- Traducir los resultados científicos a un formato accesible para los formuladores de políticas y para el público en general; Desarrollar métodos útiles y de bajo costo que permitan monitorear las tendencias ambientales y los impactos de la política; Invertir en recolección y sistematización de información.

3. Instrumentos económicos de la gestión ambiental

Algunas consideraciones teóricas previas

Una posible definición de instrumentos económicos para fines ambientales sería: son todas aquellas herramientas económicas que influyen de una u otra forma en la conducta de los agentes y que inciden en sus decisiones que afectan al medio ambiente.¹ Para muchos esta definición puede resultar un tanto amplia en relación a otras que suelen referirnos a una gama muy limitada de opciones e instrumentos que tiene la autoridad reguladora o que pueden ser generados por agentes privados.

1. *El ámbito de acción del regulador ambiental y el efecto de la política económica sobre el ambiente* Es necesario analizar el papel de muchos elementos que rebasan ampliamente la esfera de acción del regulador para entender el marco en que se desenvuelve, y considerar explícitamente que en un gran número de casos sus "herramientas" tienen un alcance limitado en relación a otras decisiones o acciones de política macroeconómica o de carácter sectorial, que tienen un efecto mucho mayor sobre la conducta de los agentes hacia el ambiente. Existe una amplísima gama de decisiones de política económica que afectan directamente la conducta ambiental de los agentes, de las cuales sólo una mínima parte son afectables por el regulador ambiental, y que más bien constituyen elementos sobre los cuales su influencia es marginal, e incluso en ocasiones debe buscar ser correctora de efectos negativos ocasionados por otros instrumentos económicos a disposición de instancias diferentes al mencionado regulador.

2 Parte de la actividad de este último debe ser el diseño de instrumentos que contrarresten fallas de mercado que inciden en decisiones negativas para el ambiente por parte de otros tomadores de decisiones, o incluso corregir fallas de mercado inducidas por éstos.

3. Tal vez uno de los mejores ejemplos es el afán productivista de corto plazo de las autoridades encargadas del fomento agrícola, que enfatiza, favorece y promueve el uso de fertilizantes y abonos químicos, con desastrosos impactos de salud y ambientales sobre el propio suelo, sobre el agua, e incluso sobre la atmósfera. Las externalidades ambientales y de salud negativas del uso de abonos y fertilizantes químicos no son consideradas explícitamente en el diseño de la política de promoción agrícola, y ello obliga al regulador ambiental a buscar soluciones a un problema creado por otro instrumento económico, que es la no-corrección del precio de mercado por el costo ambiental negativo e incluso, en algunos casos, un subsidio explícito al uso del insumo con afanes meramente productivistas y con objetivos situados en un horizonte de planeación estrecho. Otro caso, de índole macroeconómico, es sin duda el manejo de corto plazo de la tasa de interés. Ésta afecta las preferencias intertemporales de los agentes, y en esa medida una tasa de interés artificialmente alta lleva a que los horizontes de planeación de los agentes sean más cortos, lo que afecta la selección de bienes, técnicas e insumos y en esa medida tiene efectos negativos sobre la sustentabilidad del desarrollo.

4 De esta manera, el desarrollo de la política ambiental y de la política macroeconómica y sectorial no pueden ser vistos como procesos aislados, ya que se condicionan mutuamente. Es importante señalar que sólo una parte de los instrumentos económicos para regular el ambiente están a disposición del regulador ambiental, y que no necesariamente son los instrumentos más idóneos para su tarea.

Reforma fiscal e instrumentos económicos

En el contexto de la reforma regulatoria hoy en boga en muchos países, entre ellos México, los gobiernos buscan favorecer la competitividad, mejorar la efectividad en la intervención gubernamental, reducir costos y promover la innovación tecnológica.

En este esfuerzo, que puede verse como una verdadera cruzada, los sistemas fiscales deben reestructurarse para incorporar impuestos correctivos ambientales, al mismo tiempo que se eliminan o desmantelan esquemas impositivos o de subsidios que distorsionan decisiones o favorecen fuertes impactos ambientales.

Existen oportunidades serias para diseñar y aplicar impuestos ambientales que puedan: a) reducir otros impuestos que distorsionan los mercados, b) reducir los déficits públicos, c) incrementar o mantener el gasto público, o d) etiquetar la recaudación para un determinado gasto en materia ambiental. Debe darse una consideración muy especial a la posibilidad de aplicar impuestos correctivos ambientales en sustitución de los que penalizan el trabajo, la inversión del ahorro (tal sería el caso del impuesto sobre la renta, el impuesto al activo y el impuesto sobre nóminas, por citar algunos) sobre todo en condiciones de desempleo y ante necesidades imperiosas de estimular el crecimiento económico. Así se tendría un doble resultado positivo al reducir los impactos ambientales de la economía, y al favorecer el empleo, la inversión y el crecimiento.

El etiquetamiento de impuestos ambientales generalmente se ve con escepticismo por parte de las autoridades hacendarias en la medida en que pueden promover una asignación ineficiente de los recursos fiscales, y poner una camisa de fuerza a las políticas de gasto público. Por ello, se sostiene que en lugar del etiquetado puede recurrirse a autorizaciones presupuestarias adicionales específicas para la protección ambiental, de manera paralela a la introducción de impuestos ambientales.

Los instrumentos económicos (IE) aplicados a materias ambientales han recibido gran atención desde hace varias décadas por parte de la teoría económica y en los últimos años su uso ha ido en aumento en todo el mundo. En general, se ha sostenido, los IE presentarían importantes ventajas para regular los problemas ambientales comparados con instrumentos tradicionales, como son las normas que restringen o prohíben ciertas conductas. Las ventajas de los IE se refieren, principalmente, a la reducción de los costos, a un mejor cumplimiento del principio preventivo y a un mayor compromiso de los agentes privados con las políticas ambientales.

Si bien en Chile existen ejemplos de aplicación de IE que han contribuido a la regulación de problemas ambientales, lo cierto es que en ninguno de los casos éste ha sido su objetivo principal.¹ En los años recientes se ha registrado en el país un avance en relación a los análisis técnicos para evaluar qué IE son más adecuados para problemas ambientales específicos. Sin embargo, la falta de experiencias nacionales torna altamente especulativo el debate en torno a la conveniencia de regular ciertos problemas ambientales por medio de IE, ya sea de manera exclusiva o en combinación con otros instrumentos.

4. Cuentas e Indicadores ambientales

Sistema de cuentas ecológicas y económicas de México (SCEEM) 1985-1992

Antecedentes

El Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM) 1985-1992 publicado en 1996 por el INEGI es uno de los nuevos proyectos en materia de estadística derivada, en el que se vinculan las variables macroeconómicas del

Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) con información de los recursos naturales y el medio ambiente, en el marco conceptual y metodológico de las Cuentas Satélite propuesto por Naciones Unidas.

La primera serie del SCEEM, que abarcó el periodo 1985-1990, fue difundida por el INEGI mediante el disco compacto denominado Sistema de Cuentas Nacionales de México. Como antecedente de estos trabajos se deben mencionar los esfuerzos realizados durante 1989 y 1990 por el INEGI, con la cooperación técnica de la Oficina de Estadística de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, que culminaron con la publicación de un nuevo proyecto piloto para México referido al año de 1985, con el título *Integrate Environmental and Economic Accounting. A case study for México* (Working Paper No. 50, Banco Mundial, diciembre de 1991). La experiencia en la ejecución y el desarrollo del proyecto piloto fue de gran valía, ya que, por una parte, arrojó los primeros resultados del Producto Interno Neto Ecológico (PINE) como un nuevo indicador macroeconómico para nuestro país; y por otra, sentó las bases que han permitido al INEGI continuar con las investigaciones en este novedoso campo y generar series anuales del PINE que son actualizadas en forma anual.

Por lo anterior, el SCEEM 1985-1992 debe ser visto como un trabajo cuyo mejoramiento, tanto en lo referente a la profundización y actualización de los resultados para los temas ambientales ya tratados, como a la incorporación de otros nuevos depende, por un lado, del estudio y aplicación de las metodologías vigentes en la materia, en particular, en el ámbito de la valoración de los recursos naturales; y por otro, de la existencia y disponibilidad de estadísticas de recursos naturales y medio ambiente con la suficiente desagregación y con la regularidad que requiere este estudio.

Objetivos

El objetivo general del SCEEM es vincular los hechos económicos con el medio ambiente y los recursos naturales, proporcionando un instrumento que pueda ser aprovechado para la toma de decisiones de política económico-ambiental, en el marco del desarrollo sustentable. Además, permitió apoyar, junto con las experiencias de proyectos piloto en otros países (Papúa-Nueva Guinea, Indonesia y Costa Rica, entre otros), la elaboración del Manual de Contabilidad Económica y Ambiental Integradas, considerada en el marco de las Cuentas Satélite. Fuentes de información y cobertura temática La existencia y disponibilidad de información sobre recursos naturales y medio ambiente acotaron la cobertura temática del proyecto.

Los temas ambientales desarrollados son: el petróleo, los recursos forestales, cambios en el uso del suelo (deforestación), los recursos hídricos, la erosión del suelo y la contaminación del agua, aire y suelo. Adicionalmente, se realizaron investigaciones específicas para la incorporación de dos temas de carácter económico: gastos de protección ambiental del sector

público y balances de Activos Económicos Producidos (AEP): edificios, construcciones e instalaciones y maquinaria y equipo.

El primer tema, permitió determinar el monto total y por actividad económica de las erogaciones efectuadas por el sector público a favor del medio ambiente. El segundo, es el referente a la cuantificación y desagregación por sector económico de los balances de los AEP, mediante la estimación de las diversas variables que los conforman:

Activos Fijos, Formación Bruta de Capital Fijo, Variación de Existencias, Consumo de Capital Fijo, etc. Este tema fue de suma importancia para el desarrollo del proyecto ya que satisfizo buena parte de los requerimientos de información que exigió el esquema. La amplia plataforma estadística generada por el INEGI proveyó valiosa información; la Dirección General de Geografía suministró cartografía temática y apoyó en su interpretación; la Dirección General de Estadística, los Censos de Población y Vivienda, los Económicos y otras estadísticas. A su vez, se utilizó la información propia del SCNM como punto de partida para el desarrollo del SCEEM y las "Estadísticas del Medio Ambiente", México 1994, que conjuntan un gran acervo de información; ambos trabajos forman parte de las tareas de la Dirección General de Contabilidad Nacional, Estudios Socioeconómicos y Precios. Un gran número de fuentes externas al INEGI fueron consultadas, entre las que destaca el apoyo brindado en varios de los temas, por la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) a través Instituto Nacional de Ecología (INE), a cargo del informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, obra de consulta permanente; la Comisión Nacional del Agua (CNA) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Cabe mencionar que la SEMARNAP y el INEGI firmaron un Convenio de Colaboración en julio de 1995, para estrechar los vínculos entre ambas instituciones y avanzar en proyectos afines, entre ellos el SCEEM. La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX), la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés), proporcionaron información de los recursos forestales, los usos del suelo y la erosión. La Secretaría de Energía (SE), el Departamento del Distrito Federal (DDF) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) aportaron datos sobre la contaminación atmosférica en el Valle de México, tales como: inventarios de emisiones por sector o tipo de fuente, balance energético, calidad y consumo de combustibles, etc. Otras fuentes de información fueron: Petróleos Mexicanos (PEMEX), que aportó datos sobre el estado y evolución del sector petrolero; el Banco de México (BANXICO), sobre los acervos de capital; la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el DDF, a través de sus Cuentas Públicas y Presupuestos respectivos, suministraron datos del gasto en protección ambiental.

Sistema de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental

El Instituto Nacional de Ecología (INE) desarrolla desde hace algún tiempo un sistema de indicadores ambientales como mecanismo que permita evaluar las políticas seguidas por el Instituto en aquellas áreas que le son de competencia directa. Además de lo anterior, el sistema también se propone ser un medio eficaz de difusión al público y garantizar con ello su derecho a conocer la información ambiental.

Debido a que ésta se usa para construir indicadores ambientales, es mucha y muy diversa, es necesario tener un marco conceptual para estructurar tal información y hacerla más accesible e inteligible. Por ello, y porque ha demostrado su utilidad, se ha adoptado el esquema denominado "Presión-Estado-Respuesta" propuesto por Environment Canadá y la OCDE, que se describe a continuación: El esquema de presión-estado-respuesta (PER), basado en una

lógica de causalidad, presupone relaciones de acción y respuesta entre la economía y el medio ambiente, y parte de cuestionamientos simples:

¿Qué está afectando al ambiente?

¿Qué está pasando con el estado del ambiente?

¿Qué estamos haciendo acerca de estos temas?

Cada una de estas preguntas se responde con un conjunto de indicadores de la siguiente manera:

Enfoque Presión Estado Respuesta (PER)

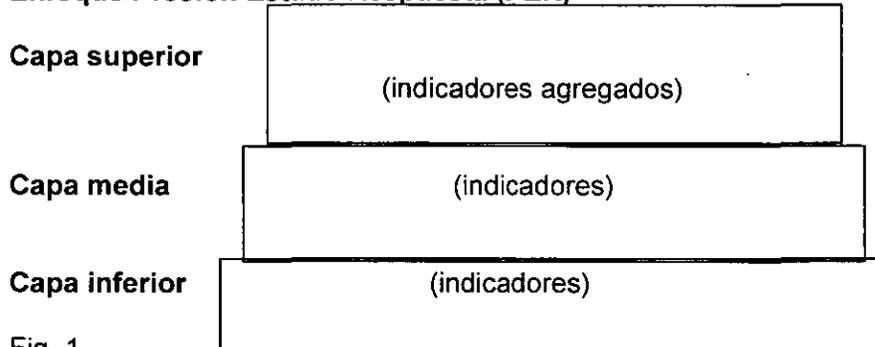


Fig. 1

Para señalar de manera sintética pero a la vez clara cuáles son las características y cualidades que deben tener los indicadores para la evaluación del desempeño ambiental, se abordan enseguida una serie de preguntas y respuestas que seguramente cumplirán con este cometido.

¿Qué son los indicadores ambientales?

Son estadísticas o parámetros que proporcionan información y/o tendencias sobre las condiciones y los fenómenos ambientales.

Su significado va más allá de la estadística misma, proveyendo una medida del desempeño de las políticas ambientales.

A pesar de que en el mundo académico y más propiamente en el sector gubernamental se maneja ya el concepto de indicador ambiental, debemos decir que la acepción de indicador de evaluación del desempeño ambiental tiene un origen relativamente reciente a nivel internacional, como consecuencia, el conocimiento y manejo que se tiene en México de tal acepción es aún más incipiente.

A continuación se presenta de manera resumida cuál ha sido el origen y desarrollo a nivel mundial de la construcción de indicadores de evaluación del desempeño ambiental.

Como se puede advertir en la tabla siguiente, buena parte del esfuerzo en el desarrollo de estos indicadores ha sido impulsada por la OCDE, en tal sentido es preciso señalar los criterios que toma en cuenta esta organización para el desarrollo de los indicadores.

Criterios de la OCDE para la selección de indicadores Un indicador debe:

- Proporcionar una visión de las condiciones y presiones ambientales o respuestas de la sociedad.
- Ser sencillo y fácil de interpretar y capaz de mostrar las tendencias a través del tiempo.
- Debe existir un valor con el cual pueda ser comparado con el fin de evaluar el significado de sus valores.

Los datos utilizados para construir indicadores:

- Deben estar disponibles con una razonable relación costo/beneficio.
- Deben estar bien documentados y conocerse su calidad.
- Deben ser actualizados a intervalos regulares.

Criterios técnicos de un indicador:

- Debe estar teórica y científicamente bien fundamentado.

- Debe basarse en consensos internacionales.
- Debe ser capaz de relacionarse con modelos económicos de pronóstico.

El proceso que hemos seguido en el INE ha consistido en la asimilación de la metodología propuesta por la OCDE, pero adaptándola a las condiciones y circunstancias de México, de tal suerte que el marco metodológico sea correspondiente a los temas ambientales que más interesan a nuestro país. Asimismo la búsqueda y recopilación de información ha sido también una acción importante, ya que debemos reconocer, en nuestro país es aún débil la sistematización de la información ambiental, por lo cual se generan en no pocas ocasiones inconsistencias, cuando no lagunas en el conocimiento de los fenómenos ambientales desde una perspectiva estadística.

El sistema que hemos desarrollado recopila la información ambiental que ya ha sido publicada, pero se agrupa de manera lógica siguiendo el marco metodológico de la OCDE, lo que consideramos un avance importante para la contribución a la evaluación de las políticas ambientales.

El sistema está conformado de tres capas (fig.1), que se distinguen por el nivel de desarrollo que ha alcanzado la información, o bien el grado de calidad que tiene:

1. Capa inferior (nivel detallado)

En esta fase el sistema proporciona la mayor cantidad de información posible, de manera organizada, para que el usuario pueda consultarla y realizar su propia evaluación de la problemática ambiental e incluso desarrollar indicadores u otro tipo de procesos de acuerdo a sus intereses. Por lo anterior la información cuenta con la menor cantidad posible de valores de juicio, y está avalada por alguna institución quien la ha publicado. Se propone desarrollar un sistema objetivo para usos múltiples, e independiente de cambios de administración. Debido a que el sistema aspira a presentar la dinámica de los problemas ambientales, es decir la forma en que interaccionan los principales agentes que lo constituyen, deberá contar con información "suficiente" para describir los siguientes aspectos de da problema ambiental:

- Presión:

Los agentes o factores que ejercen la presión sobre el recurso.

- Estado:

El estado del recurso (en calidad y/o cantidad) o los efectos que produce el problema a la población y a los ecosistemas.

- Respuesta:

Las acciones que el sector público o privado realizan para la atención del problema. Para cada uno de estos puntos se incluye la información necesaria para generar (mínimamente):

- La situación actual
- Tendencias
- Análisis temporal y regional

2. Generación de indicadores por el INE. Capa media

Esta etapa tiene como objetivo generar un conjunto de indicadores (estadísticas, gráficas, valores) para evaluar el desempeño de las políticas ambientales. Esta evaluación deberá ser realizada con la participación y acuerdo de las áreas técnicas entre especialistas en cada materia, ya que implica valores de juicio.

Esta información procesada es dirigida principalmente a tomadores de decisiones y público en general.

La evaluación, en su momento, se realizará con base en la información presente en la capa inferior y deberá contar con todas las referencias y comentarios necesarios,

5. Agenda ambiental de la economía urbana e industrial

I. Introducción

El presente trabajo tiene por objetivo describir la experiencia en la aplicación de instrumentos de mercado en la gestión urbana del Distrito Federal, así como derivar lecciones y recomendaciones que permitan en el futuro próximo ampliar sus posibilidades de aplicación para promover un uso más eficiente de los bienes ambientales. Integrar en el diseño de las políticas públicas la definición de una Agenda Ambiental de la Economía Urbana es de primordial importancia. Es en las ciudades en donde se concentra la mayor parte de la población y se hacen más evidentes los problemas ambientales. Son las ciudades, no importa el país ni su grado de desarrollo, las que día con día están luchando por ganar la batalla de un crecimiento económico sustentable (Mega, 1991). Hoy, cada gobierno local busca satisfacer las necesidades de la actual generación, y a la vez encontrar mecanismos para no comprometer las posibilidades de las futuras (Pearce, 1992).

1 El "estado de las ciudades" en materia de medio ambiente requiere de la aplicación de políticas públicas efectivas que permitan mantener la trayectoria de progreso y generación de riqueza que se ha alcanzado en las zonas urbanas. El gran reto en la definición de la agenda urbana y del medio ambiente es entender que hablar de economía urbana lleva necesariamente a incorporar en nuestro análisis la presencia de rendimientos crecientes de escala, costos de transacción y transporte, asimetría o ausencia de información, bienes públicos, externalidades y deficiencias o ausencia de definición de derechos de propiedad. Todos estos elementos son precursores de las fallas de mercado y representan la justificación para la intervención de los gobiernos locales en la economía de las ciudades. El diseño de la Agenda Ambiental de la Economía Urbana deberá considerar cada una de estas fallas como determinante potencial de los errores de la política pública.

En la siguiente sección se abordan las tendencias recientes de la urbanización y las posiciones que se han planteado acerca de lo bueno o malo que ésta puede significar en términos de bienestar para la sociedad; en la tercera, se presenta un breve repaso de las acciones que se han llevado a cabo para prevenir la contaminación ambiental en la Ciudad de México y los resultados de la aplicación de los instrumentos de comando- control y de la introducción de nuevas tecnologías. Posteriormente, se establecen algunos lineamientos con base en los cuales se propone diseñar la aplicación de instrumentos económicos de la Agenda Ambiental de la Economía Urbana. Por último, se presenta el estudio de caso del agua en el Distrito Federal con el objeto de ejemplificar la forma en la que sí se puede avanzar en la utilización de instrumentos económicos para lograr un uso más eficiente de los bienes ambientales.

2. Las visiones del mundo urbano Actualmente, se estima que 45% de la población mundial vive en zonas urbanas, es decir 2,500 millones de personas, y se espera que de mantenerse esta tendencia, hacia el año 2025 el 61% —más de 5,000 millones de personas— vivirán en las ciudades (Linden, 1996). Hoy existen en el mundo 15 megaciudades —cada una con más de 10 millones de habitantes— mientras que para el año 2000 se estima serán 25.2 La tendencia generalizada hacia un mundo predominante urbano ha motivado la preocupación creciente de la comunidad internacional y el surgimiento de posiciones radicalmente opuestas encontradas en términos de lo bueno o malo que esto puede significar para la sociedad en su conjunto. Por una parte, la posición pesimista insiste en la imposibilidad de las ciudades para enfrentar los requerimientos sociales de un rápido crecimiento urbano y en la necesidad de detener la urbanización a cualquier costo; en hablar de crisis urbanas derivadas de la decadencia ambiental que pone en riesgo el bienestar de las generaciones futuras; y en afirmar que las ciudades son otro ejemplo de la "tragedia de los comunes". En contraste, la posición optimista

reconoce que la cercanía entre los diferentes factores de la producción permite incrementar la productividad de la economía como un todo, así como la transferencia y generación de nuevos conocimientos y tecnologías. Las economías de aglomeración y urbanización que se logran en las ciudades permiten generar la mayor parte de la riqueza de los países.

3 Los que creen en las ciudades como una posibilidad de desarrollo, sostienen que su crecimiento puede ser indefinido —dado el estado de la tecnología— y que este proceso solamente se detendrá cuando los beneficios presentes por el acceso a mejores condiciones sanitarias, educativas, laborales y de expectativa de vida para las familias sean menores a los costos de vida inherentes a toda gran ciudad.

4 Ambas posiciones tienen sus aciertos y comparten el mismo deseo; que el desarrollo económico —no importa la localización de su fuente— permita elevar los estándares de vida de la población y se sujete a un uso más racional de los recursos ambientales. El problema de fondo es cómo lograr este resultado en un mundo eminentemente urbano y cómo diseñar una agenda que permita alcanzar este objetivo. En México, la historia no ha sido diferente. El 70% de la población reside en zonas urbanas y sobresalen dos categorías: a) la participación de cuatro zonas metropolitanas —Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Puebla— en donde habitan 23 millones de habitantes; y b) el crecimiento registrado en la recientes décadas de ciudades medias y pequeñas. Para el año 2000 se espera que de los 100 millones de habitantes del país, 71 millones habiten en las ciudades.

El debate por la sustentabilidad en México ha seguido el mismo cauce. El reto de crear los instrumentos y mecanismos para que el crecimiento de las ciudades se dé sobre una base sustentable representa hoy la principal preocupación de quienes creen que un mundo urbano no necesariamente significa lo peor. La Ciudad de México ha sido testigo y protagonista de este debate y considerada en muchas ocasiones una ciudad que ha estado permanentemente al borde del colapso (Hall, 1982).

El crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México ha trascendido los límites del Distrito Federal incorporando a diversos municipios del Estado de México. En 1995, la concentración demográfica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, conformada por las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal y 28 municipios conurbados, tiene una población superior a los 16 millones de habitantes. Esto ha generado una serie de desequilibrios ecológicos que hasta hace menos de una década parecían imposibles de salvar.

5 Sin embargo, lo impráctico de la Ciudad de México se presenta hoy como la oportunidad de resolver los problemas inherentes a toda aglomeración urbana mediante la introducción en la vida económica de la ciudad de nuevas tecnologías —de organización, de transporte, de producción, entre otras— y bienes y servicios (Jacobs, 1969). Esta alternativa de solución a los problemas genera finalmente un crecimiento económico congruente con la preservación del medio ambiente.

6 Si asumimos que los problemas urbanos —entre ellos los daños ambientales y sus efectos sobre la salud, la productividad de la economía y el nivel de satisfacción de la sociedad derivada de un entorno impoluto— son un ejemplo de fallas de mercado; la intervención del gobierno puede inclinarse por cualquiera de los siguientes instrumentos o combinación de ellos:

- la más obvia para acabar con la contaminación es intervenir mediante instrumentos de comando y control que prohíban actividades contaminantes u obliguen a los agentes a reducir los niveles de contaminación sobre la base de ciertos límites; incorporar instrumentos que

eliminen distorsiones de mercado y provean las señales necesarias para hacer posible el desarrollo sustentable, al indicar el grado de escasez de cierto bien a la sociedad.

Algunos criterios para la agenda ambiental

1. Estabilidad política y económica como condición necesaria. Ningún proceso de cambio es posible si como base no se mantienen condiciones de estabilidad política que faciliten los procesos de legitimación del uso de estos instrumentos, y de la estabilidad económica que permita a empresas e individuos asumir los costos de corto plazo necesarios para introducir nuevas tecnologías y así modificar patrones de contaminación.

2. Volver a lo básico. Iniciar con programas pilotos de pequeña escala y con instrumentos sencillos, de fácil comprensión para la gente. Ejemplo de ello sería comenzar eliminando subsidios en forma gradual para posteriormente pasar a una estrategia de precios que incorpore el costo de oportunidad de los bienes ambientales.

3. Buscar la legitimidad política. Para ello es necesario seleccionar objetivos prudentes y regiones con apoyo para incrementar la probabilidad de éxito. Si la introducción del instrumento es exitosa, genera confianza y el apoyo suficiente para seguir aplicando estos instrumentos. Debemos tener presente que pequeños éxitos construyen legitimidad política y la credibilidad necesaria para continuar con los procesos de cambio.

4. Las consideraciones de equidad importan. Es necesario tener en cuenta que es poco vendible políticamente argumentar la necesidad de introducir instrumentos económicos para incrementar eficiencia. La aplicación de este tipo de instrumentos tendrá ganadores y perdedores y la probabilidad de éxito dependerá del peso específico de los primeros en la decisión final. No podemos olvidar que el costo de mantener nuestro acervo ambiental debe ser soportado por los consumidores de los bienes y servicios que para ser producidos, en una parte de su proceso, requirieron como insumo algún bien ambiental.

5. Momento óptimo de aplicación. Generalmente, el éxito o fracaso de la aplicación de cualquier instrumento de política depende del momento en el cual se introduce para su aplicación. La introducción de instrumentos económicos requiere de la maduración necesaria en el diseño y estrategia de introducción. Asimismo, previamente se debe tomar el tiempo para educar y convencer a todas las áreas involucradas de la institución que deberá llevar a cabo la aplicación del instrumento económico.

6. Fortalecimiento y cambio institucional. La aplicación de este tipo de instrumentos requiere de un amplio soporte institucional que en la mayoría de las ocasiones no existe. Por ejemplo, la aplicación de un instrumento económico requiere de capacidad para monitorear la base de la contribución, y ésta a su vez necesita del apoyo tecnológico que reduzca costos de recaudación. Cada impuesto requerirá de cierta capacidad para fiscalizar a los agentes económicos sujetos a este tipo de instrumentos. Adicionalmente, su aplicación requiere de todo un soporte legal que permita actuar y sancionar, si ese fuera el caso. El éxito del instrumento dependerá de la capacidad para lograr una elevada probabilidad de detección de agentes contaminantes que evadan el instrumento. Las deficiencias institucionales para alcanzar los objetivos pueden llevar a invalidar la aplicación de los instrumentos económicos.

7. Medición adecuada de los costos de transacción. Recordar que ciertos instrumentos económicos llevan implícitos costos de transacción que en la mayoría de los casos no son considerados o simplemente se subestiman. 8. A cada problema le corresponde un instrumento. En ocasiones se intenta atribuir a instrumentos eminentemente fiscales el carácter de ecológicos. Cuando un instrumento se utiliza para más de un objetivo termina siendo

inefectivo para lo que originalmente fue constituido. En el caso de las ciudades, el impuesto predial es uno de los más sugerentes para ejemplificar este criterio.

9. Privilegiar la aplicación de instrumentos con efectos directos sobre la fuente de generación de la contaminación. Muchos de los instrumentos económicos propuestos, ante la ausencia de mercados, intentan modificar las decisiones de los agentes gravando de manera indirecta la fuente de contaminación. En el caso del transporte, se ha propuesto la introducción de derechos por congestión que terminan afectando la decisión de las personas de qué vialidad utilizar; y en el mejor de los casos, si su aplicación es generalizada, modifica la intensidad de utilización del automóvil, cuando el problema no es que la gente se traslade de un lugar a otro las veces que desee, sino el medio que utiliza para satisfacer este deseo. 10. Introducir nuevas tecnologías. La aplicación de instrumentos de comando y control o económicos requiere de la introducción de nuevas tecnologías que permitan medir la base gravable del instrumento.

6. Economía de la biodiversidad

1. La biodiversidad en México

El concepto de biodiversidad abarca, de manera general, tres niveles de expresión: los ecosistemas, las especies y los genes. En estos niveles se integra una amplia gama de fenómenos que no pueden ser cuantificados de una sola forma, de manera que la magnitud de la biodiversidad de un país puede ser reflejada a través de indicadores tales como los diferentes tipos de ecosistemas y vegetación que contiene, el número de especies que posee, el cambio en la riqueza de especies de una región a otra, los endemismos, la variación genética de las poblaciones, el número de plantas domesticadas, así como la variedad de procesos y funciones que desarrollan los seres vivos.

En el mundo existen más de 170 países, pero sólo 12 de ellos son considerados como megadiversos. México es uno de estos países que en conjunto albergan el 70% de la biodiversidad total del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992). La compleja topografía y la variedad de climas del territorio mexicano forman un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que, aunados a la compleja historia geológica del país, hacen de México un país de alta diversidad biológica. La mayor parte del territorio mexicano es considerado por los biogeógrafos como la transición entre dos grandes regiones: la Neotropical (constituida por Sudamérica y Centroamérica) y la Neártica (que corresponde a Norteamérica). Debido a esto México constituye una zona biogeográficamente compuesta en la que el contacto entre biotas ancestrales ha dado como resultado una mezcla de faunas y floras con diferentes historias biogeográficas (Flores y Geréz, 1995).

¿Qué es la biodiversidad?

"... La variabilidad de la vida, incluidos los ecosistemas terrestres y acuáticos, los complejos ecológicos de que forman parte, la diversidad dentro de cada especie y entre las especies..." Además de las características biogeográficas del país, otro hecho importante para explicar la biodiversidad mexicana es que un buen número de las especies son de origen relativamente reciente. Durante el Pleistoceno, México estuvo sujeto a cambios climáticos severos; los glaciares avanzaron a latitudes muy bajas llegando hasta los Estados Unidos de América y los climas fríos y templados cubrieron el territorio. Esto propició el establecimiento de especies de climas fríos mientras que las especies de climas tropicales se extinguieron en gran parte de las áreas que ocupaban y su distribución se restringió a ciertas zonas. El aislamiento que sufrieron en estos refugios dio origen al surgimiento de nuevas especies, que extendieron su área de distribución cuando los glaciares se retiraron. Este proceso produjo, de acuerdo a algunos científicos, un incremento considerable en el número de especies.

1.1. Diversidad de ecosistemas El medio natural de México se ha clasificado con base en criterios diversos. La mayoría de las propuestas tienen un rasgo en común: toman la distribución geográfica de grupos ecológicos de especies o tipos de vegetación como primer criterio de clasificación. A continuación se revisan tres clasificaciones de los ambientes terrestres de nuestro país, las cuales nos ilustran la gran diversidad de ecosistemas que contiene. La primera clasificación es de tipos de vegetación propuesta por Rzedowski (1986) y es una de las más utilizadas por los científicos en el país. Esta clasificación corresponde a la vegetación potencial de México, es decir, la que se esperaría encontrar en cada región de acuerdo a las características fisiológicas y estructurales de la vegetación, las especies que los conforman y a las características fisiográficas como el tipo de suelo, la altitud y el clima. Rzedowski reconoce diez tipos de vegetación, de los cuales el matorral xerófito tiene la mayor cobertura potencial a nivel nacional, con un 37%, seguido por bosques de coníferas y encinos, con 19.3%, y por el bosque tropical caducifolio con 14.1%. La segunda es una propuesta reciente de Toledo y Ordóñez (1993) que define zonas ecológicas. Esta clasificación se basa en el agrupamiento de tipos de vegetación con base en sus afinidades climáticas e historias biogeográficas. Utilizando estos criterios de clasificación se definieron seis tipos de hábitat terrestres continentales o zonas ecológicas principales: (1) tropical cálido-húmeda, (2) tropical cálido-subhúmeda, (3) templada húmeda, (4) templada subhúmeda, (5) árida y semiárida y (6) zona inundable o de transición mar-tierra. La zona árida-semiárida cubre cerca del 50% de la superficie del país, le sigue en orden de importancia la zona templada subhúmeda, con 19.7%, la zona tropical cálido-subhúmeda que ocupa 17.5% y la zona cálido húmeda que se distribuye en el 11% del país. Las zonas de menor cobertura son la templada húmeda con 1.1% y la zona de transición mar-tierra que ocupa el 0.9%. Para ubicar la diversidad de ecosistemas de México en el contexto de América Latina y el Caribe, se tomó en cuenta la propuesta hecha por especialistas del Banco Mundial y de la Fundación Mundial para la Vida Silvestre (Dinerstein et al., 1995), en la cual se desarrolló un sistema de clasificación jerárquico que distinguió cinco tipos de ecosistemas terrestres, divididos en once tipos principales de hábitat y éstos, a su vez, en un total de 191 eco-regiones. De acuerdo a esta detallada clasificación de los hábitats, México es el país con mayor diversidad ecológica de América Latina y el Caribe, al estar presentes dentro de sus límites políticos los cinco tipos de ecosistemas, 9 de los

11 tipos de hábitat (82%) y 51 de las 191 eco-regiones identificadas (26.7%)

1.2. Diversidad de especies La heterogeneidad del territorio mexicano y su consecuente diversidad de hábitats permite que el número de especies que alberga nuestro país sea mayor al que se esperaría considerando exclusivamente su superficie. Junto con Brasil, Colombia e Indonesia, México se encuentra en los primeros lugares de las listas de diversidad biológica. También ocupa el primer lugar en riqueza de reptiles, el segundo en mamíferos y el cuarto en anfibios y plantas. En términos generales se puede decir que en nuestro país se encuentra representado el 10% de la diversidad terrestre del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992). Además del gran número de especies que posee, México es un país que se distingue por su elevado índice de endemismos; más de 800 especies de vertebrados son endémicas, destacando que el 61% de los anfibios, 53% de los reptiles y 33% de los mamíferos se encuentran en nuestro territorio.

1.3. Diversidad genética La diversidad genética es el resultado de las diferencias que existen entre las unidades de herencia de los individuos de una especie. Una de las razones más importantes para conservar la diversidad genética es el mantenimiento del potencial evolutivo de las especies. Aunque, como hemos visto, existe una buena cantidad de información sobre la diversidad de ecosistemas, número de especies y su distribución, existen grandes lagunas en cuanto a la diversidad genética tanto de especies silvestres como domesticadas. La variabilidad

genética de especies silvestres mexicanas es muy poco conocida. El número de especies estudiadas es muy pequeño, sobre todo si consideramos la enorme diversidad de especies que alberga nuestro territorio. Sin embargo, dada la extensión territorial y la heterogeneidad ambiental de nuestro país, no es de extrañar que muchas de las especies estudiadas presenten una considerable variabilidad genética. Existen especies muy importantes, como *Lachandonia schismatica*, que tienen una muy baja variabilidad, por lo que merecen un cuidado particular. Algunas especies con utilidad potencial directa para el hombre, como las especies silvestres del maíz (género *Zea*), muestran una considerable cantidad de variación, la cual, debido a los ritmos actuales de deterioro de los ecosistemas naturales, se encuentra amenazada. México es considerado uno de los centros de domesticación de plantas más importantes del mundo. Se estima que alrededor de 180 géneros de plantas han sido domesticados en nuestro país; sin embargo, esta cantidad debe ser aún mayor si consideramos la gran cantidad de variedades de cada especie. La mayoría de las plantas domesticadas tienen un uso alimenticio y muchas especies han sido domesticadas para otros usos como son el ornamental, la fabricación de textiles y utensilios (Hernández- Xolocotzi, 1993). Un buen ejemplo de la selección artificial de variabilidad genética de una especie originaria de nuestro país es el caso del aguacate (*Persea americana*). De las 84 especies pertenecientes al género *Persea*, 15 (18%) se encuentran en nuestro país; además México es depositario del germoplasma de una de las variedades más portantes a nivel comercial (var. *drymifolia*). Actualmente, México es el primer productor y consumidor mundial de aguacate. Culturalmente, México tiene una prolongada historia de domesticación del aguacate, ya que ha sido fuente importante de aceites en la dieta y es elemento importante en huertos tradicionales. Existen registros de *Persea americana* en casi todas las selvas húmedas de México. De los más de 596 cultivares de aguacate del mundo, 171 (29%) están depositadas en el CIAB, Celaya. Además de la domesticación de plantas convencionales o aquellas que han entrado en el mercado oficial de producción y comercialización, en México una gran cantidad de especies nativas son utilizadas localmente sin el apoyo formal de los programas de investigación y desarrollo (Querol, 1988). Muchas de estas plantas, como los quelites (*Amaranthaceae*) y el huauzontle (*Quenopodiaceae*) están siendo estudiadas para conocer su potencial de uso a mayor escala. Al menos 40 especies de uso local pueden desaparecer en sus formas cultivadas dada la tendencia de la agricultura moderna a uniformizar la producción con especies convencionales. Aunque la desaparición de estas formas cultivadas no implica la desaparición de las especies silvestres, es sumamente importante promover su conservación, pues son producto del conocimiento de cientos o miles de años desarrollado en su mayor parte por poblaciones indígenas y campesinas (Querol, 1988). De las 15,000 especies de aves y mamíferos que existen en el planeta sólo 30 han sido domesticadas para la obtención de alimentos y su uso en la agricultura. La contribución de México a las razas domesticadas es pequeña. El total de especies domesticadas en el mundo para los siete mamíferos más utilizados es de 2,719, de las que sólo el 0.44% son mexicanas. En conjunto México ha producido 12 razas de seis especies: dos de caballos, tres de cerdos, una de cabras, cuatro de ovejas y dos de ganado vacuno. Entre ellas resalta la situación del cerdo cuino, cuya población se encuentra en estado crítico (Loftus y Scherf, 1993).

2. La crisis de la biodiversidad

Existe una marcada tendencia hacia la disminución del número de especies en el mundo y del tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres, así como una simplificación de los ambientes naturales con la consecuente pérdida de hábitat y ecosistemas. Esta situación es lo que se denomina "crisis de la biodiversidad" ocasionada por el efecto negativo de una gran cantidad de actividades humanas (Dirzo, 1992), la cual se acentúa considerando que sólo el 4% aproximadamente de la diversidad biológica mundial ha sido estudiada científicamente. Desde el año 1600, se ha registrado en el mundo la extinción de 1,061 especies y 25,702 han alcanzado la categoría de amenazadas. Aproximadamente la mitad de las extinciones han ocurrido en la presente década. Una estimación conservadora calcula una pérdida del 3 al 9%

de las especies del planeta para el año 2000, es decir, en menos de cinco años. Si se mantiene el ritmo actual de extinción, veremos reducido a la mitad el número de especies actuales para el año 2050 (Ehrlich y Ehrlich, 1992; Ceballos, 1993).

3. Importancia de la biodiversidad De la biodiversidad depende la existencia de la mayor parte de las condiciones que nos permiten sobrevivir, como son: producción de oxígeno, capacidad productiva de suelos y disponibilidad de agua. También es fuente de materias primas utilizadas para generar productos fundamentales para el ser humano, por ejemplo, de la biodiversidad proviene el 25% del combustible (leña, carbón) que se usa a nivel mundial, el 50% de las fibras utilizadas en la fabricación de ropas, casi el 50% de los medicamentos y todos los tipos de alimentos que consumimos. Otro aspecto importante ligado a la biodiversidad es la cultura; la enorme variedad de grupos culturales del mundo son producto del entorno natural en el que se desarrollan y, por tanto, de la biodiversidad depende la conservación de la riqueza cultural del planeta (Sarukhán, 1992).

4. Potencial económico de la biodiversidad A pesar de que se han reconocido los beneficios que ofrece la diversidad biológica para la humanidad, existe una marcada tendencia hacia la simplificación de los ambientes naturales (pérdida de ecosistemas), la disminución del número de especies en el mundo, la reducción del tamaño y pérdida de la variabilidad genética de las poblaciones silvestres. De los países más ricos en biodiversidad (megadiversos), los que concentran el 50% de ésta no son los países más ricos económicamente hablando. De esto se desprenden diferentes inquietudes: ¿Tiene algún valor la biodiversidad?, ¿Es necesario valorarla?, ¿Valorar económicamente la biodiversidad es determinante para lograr su conservación y su uso sustentable? Si la biodiversidad tiene algún valor económico, entonces: ¿Cuánto vale?, ¿Quiénes son los dueños de la biodiversidad?, ¿Cuáles son los esquemas apropiados para valorarla? ¿Quiénes deben pagar el costo de su conservación? Se han encauzado diversos esfuerzos para dar atención a estas inquietudes y a nivel mundial han convergido hacia el establecimiento de convenios internacionales con la intención de revertir la tendencia alarmante de pérdida de diversidad biológica. En particular, el Convenio sobre Diversidad Biológica, que entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, se estableció tomando en cuenta que la pérdida de biodiversidad no sólo es una tragedia ambiental, sino que también tiene repercusiones profundas en el desarrollo económico y social, considerando que los recursos biológicos representan al menos el 40% de la economía mundial y el 80% de las necesidades de los pobres son cubiertas por estos recursos. Los objetivos de este convenio son: la conservación de la diversidad biológica, su utilización sostenible y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. Los principales factores que deben ser abordados en el trabajo hacia el desarrollo sustentable se están aún considerando; sin embargo, es necesario tomar en cuenta que las prescripciones que sobre la biodiversidad se requieren dependen de cómo se conceptualice ésta. Abordar la valoración económica de la biodiversidad requiere, por tanto, considerar el valor que tienen los ecosistemas, las especies y los genes para las distintas sociedades. Considerando que los ecosistemas proveen servicios ambientales, tales como el mantenimiento de mantos acuíferos, la estabilidad de microclimas, el refugio de especies silvestres, turismo y recreación, alimento, la filtración de contaminantes, protección o barreras naturales y secuestro de bióxido de carbono, se debe reconocer el costo que éstos tienen y la necesidad de que sea sufragado por la sociedad.

5. Conclusiones Existe un conjunto de factores que determinan una relación fuerte entre economía y ambiente. La falta de conocimiento para entender estos factores, los cuales interactúan de manera compleja, ocasiona una falla para entender las principales causas de la destrucción ambiental. Mientras no se establezcan mecanismos que permitan cambiar el sentido de la relación entre la conservación y el desarrollo económico, que incluye una apropiada

valoración económica de la biodiversidad, seguirán existiendo condiciones que van en contra de la primera y a favor de actividades económicas que claramente destruyen los recursos biológicos. Por otro lado, la biodiversidad presenta un potencial muy importante de desarrollo a través de su uso sustentable, ya que significa una alternativa para muchos países, en especial para los megadiversos. Sin embargo, la valoración potencial de la biodiversidad deberá ser acorde con principios de aprovechamiento racional para no sobreestimar o subestimar su valor, creando expectativas irreales en los usuarios. Adicionalmente, es necesario reforzar las acciones que sobre conservación de los recursos naturales se hagan considerando que también constituye un compromiso ya establecido entre México y la comunidad internacional a través de diversos convenios internacionales. Adicionalmente, es necesario contar con indicadores económicos para valorar la biodiversidad tomando en cuenta simultáneamente distintos marcos de referencia, entre los que destacan: el de subsistencia, el tradicional, los mercados establecidos y potenciales, las alternativas para elevar la calidad del nivel de vida y la conservación de la biodiversidad.

Módulo V Cultivos Alternativos, del 06 al 12 de abril (15 horas)

1. Transferencia de tecnología para el desarrollo integral rural
2. Sistemas de producción agropecuaria e impacto ambiental
3. Cultivos alternativos para el desarrollo agrícola sustentable

Introducción

Para poder valorar económicamente los recursos naturales, debemos partir del hecho de que éste es un problema que puede ser enfocado desde muchos puntos de vista y que, cualquiera que sea la aproximación es un problema complejo y que involucra muchas variables, tanto económicas como biológicas. Esta revisión pretende abordar la perspectiva que considera a los recursos como el eje central en torno del que giran un sinnúmero de procesos. Cualquier recurso existente sólo tiene un valor en función de las personas o elementos que lo requieren, así por ejemplo, nos es muy fácil comprender que el oro o la plata tienen un valor porque muchas personas lo demandan. De manera similar, un conejo en el campo puede ser considerado como un recurso muy valioso por otros animales que pueden usarlo como alimento y que si fueran capaces de realizar la abstracción, de la que somos capaces los humanos, de valorar necesidades en un parámetro cuya base es un acuerdo entre los individuos y no una necesidad fisiológica o de sobrevivencia, seguramente le darían un alto valor "comercial". Reconocemos como recurso natural a cualquier elemento que se encuentra en la naturaleza y que es capaz de satisfacer una o más necesidades del ser humano sin necesidad de transformación o con una mínima transformación. Con base en esta definición, como recursos naturales entendemos elementos tanto minerales como animales y vegetales. Últimamente, la literatura y el uso popular han considerado este término casi exclusivamente para los productos vegetales que no han sido utilizados por el ser humano o que solamente han sido usados por grupos particulares, tradicionalmente nativos o locales de ciertas regiones. Además, estos recursos son poco o nada conocidos, lo que conduce a una falta de renovación de los mismos y a una utilización basada en la recolección y no en el cultivo sistemático. Para poder analizar la problemática de asignar un valor a los productos naturales o a la biodiversidad, debemos dividir

estos recursos en función de la demanda que tienen y del uso que tradicionalmente se les ha dado por la mayoría de la sociedad.

En primer lugar tenemos los recursos que tradicionalmente son muy conocidos y demandados por la mayor parte de la sociedad y, por tanto, han recibido un alto valor económico y comercial, lo que tradicionalmente ha resultado en la sobreexplotación de éstos y requieren una planeación adecuada para garantizar su sobrevivencia; en segundo término tenemos aquellos recursos que son poco conocidos para la sociedad en general pero que grupos pequeños los han usado desde hace mucho tiempo. En tercer lugar se encuentran aquellos recursos que potencialmente pueden convertirse en recursos pero que no han sido usados. Recursos altamente requeridos. Son muchos los ejemplos de recursos naturales que han recibido un alto valor económico pero que por desconocimiento de su biología básica han sido objeto de sobreexplotación y de una comercialización inadecuada, lo que en muchas ocasiones los ha llevado a la desaparición local o incluso la extinción total. Las selvas tropicales son un ejemplo particularmente notorio de este tipo de recursos. Por razones ecológicas (como el ataque de insectos), han evolucionado para poseer madera de muy alta resistencia y dureza y coloraciones bellas, lo que ha provocado que se conozcan como "maderas preciosas". El cedro mexicano (*Cedrela odorata*) y el árbol sagrado de los mayas, la ceiba (*Ceiba pentandra*) han sido explotados desmedidamente. La dureza y resistencia de estas especies son alcanzadas a través de largos años de crecimiento, lo que motiva que la explotación de estas maderas se base solamente en la extracción de los árboles maduros, que normalmente son los que producen mayores beneficios económicos. La disminución en la producción incrementa, aún más, el precio de estas especies, incluso si no creciera la demanda. Esta explotación desmedida ha llevado a un empobrecimiento de las selvas ya que para explotar estas especies normalmente se destruye una gran cantidad de árboles, que pudieran ser utilizados. Este empobrecimiento alcanza también a los habitantes de estas zonas, que no ven otros recursos al alcance para poder sobrevivir, una vez que las poblaciones de las especies de maderas preciosas son disminuidas al grado de no ser consideradas "económicamente redituables". De la misma manera, la escasez y los altos precios, así como la falta de alternativas, genera una presión que incrementa la tala clandestina y da lugar a un consumo incontrolado. Esta tala no sólo reduce las poblaciones de las maderas preciosas sino que, de la misma manera, reduce las existencias de otras materias que pueden servir de alternativa. Los esfuerzos para conservar estas especies se han concentrado en incorporar la explotación racional de éstas, así como la comercialización de especies poco conocidas. Actualmente, diferentes asociaciones de campesinos tratan de comercializar especies novedosas. Normalmente estos esfuerzos se topan con la reticencia de la sociedad para aceptarlas. Recursos usados tradicionalmente por comunidades campesinas e indígenas

En nuestro país los ejemplos acerca de la utilización de recursos naturales son innumerables y prácticamente cubren todo el territorio nacional, por lo que sería imposible concentrarlas en esta intervención. Las zonas áridas son, debido a lo exigente del ambiente, un ejemplo particular del uso de los productos que la naturaleza ofrece. Normalmente, los recursos tradicionales como la agricultura y la ganadería resultan muy poco redituables por la carencia de agua suficiente; la ganadería, en estas zonas, implica una gran superficie de terreno para poder criar una sola cabeza de ganado vacuno. En zonas de aridez moderada, como en el centro del país, la ganadería caprina ha sustituido a la de ganado bovino; sin embargo, esta opción resulta de alto costo para la vegetación nativa debido a que este grupo es muy generalista y con mucho apetito. En el caso de los vegetales, dos de los recursos que tradicionalmente se han explotado en esta zona son la lechugilla (*Euphorbia antisiphilitica*) y la jojoba (*Simmondsia chinensis*). La primera ha sido la base del sustento de un gran grupo de candelilleros que, sin embargo, requieren de un gran esfuerzo para poder obtener una pequeña cantidad de cera, la cual es vendida por ellos a un precio muy bajo, sólo para alcanzar diez veces o más ese precio en las sucesivas reventas. La problemática social de los candelilleros ha sido puesta de manifiesto en

varias ocasiones, por lo que resulta importante el uso de recursos alternativos que complementen el ingreso o bien la calidad alimentaria. El caso de la jojoba es diferente ya que el aceite, producto principal de esta planta, tiene un proceso de comercialización más grande y permite el cultivo de esta planta de manera extensiva y comercial en zonas en donde existen la tierra y humedad adecuadas. No obstante las limitantes en el uso de recursos tradicionales, éstos tienen una importancia social muy alta. A pesar de que existen diferentes grados o niveles de explotación de estos recursos se pueden encontrar algunos elementos comunes a ellos. Debido a que la lluvias se encuentran concentradas en una época del año, y son escasas, las plantas nativas se han adaptado a estos regímenes, mismos que han sido seguidos por el ser humano. El uso de flores, frutos o animales en periodos que van desde unas semanas hasta unos cuantos meses al año son muy comunes. En la mayoría de los casos, estos periodos se siguen unos a otros con muy poca sobreposición. Debido a la marcada estacionalidad, la inseguridad de la producción, la falta de posibilidades de comercialización y en muchas ocasiones la falta del reconocimiento del valor potencial de estos recursos por los propios lugareños, quienes por estar acostumbrados a ver estos recursos año tras año, le asignan un valor sólo como recursos complementarios que mejoran la calidad de la ingesta alimenticia. En la zona semiárida de Tehuacán-Cuicatlán hemos detectado un potencial muy grande en recursos, que la gente conoce pero que no ha explotado adecuadamente. El uso de las fibras del ixtle de izote (*Yucapericulosa*) se explota para la producción de sacos y para la elaboración de mantas de protección para animales de carga. Su aprovechamiento es sólo para condiciones locales y solamente se explota en los meses de marzo a julio, en los que las labores de la agricultura tradicional no representa la actividad principal de los campesinos. En las épocas de floración de esta planta se consume la flor en forma de torta de huevo. El consumo de los botones del cacto columnar llamado Tetecho (*Neobuxbaunya letzo*) conocido localmente como tetera es un recurso temporal consumido durante los meses de abril y mayo que incrementa la ingesta de fibra y proteína en la dieta de los lugareños. Similarmente se presentan los frutos de *Myrtillocactus geometrisans* los cuales se consumen frescos o en agua (y ocasionalmente para producir una bebida). En Hidalgo se consumen las flores de esta planta de manera similar a las de la yuca. Aquellos botones que no son colectados —y que dado el gran número de individuos resultan numerosos—, son dejados para que maduren, generen “la tunita” y finalmente “la zalea” que es el fruto abierto del cual se saca el centro gomoso y dulce para complementar el aporte de azúcares en la dieta. En el caso de los animales, se conocen varios insectos comestibles en la zona; tal es el caso del cocopache, hemíptero de brillantes colores que se consume como botana, ya sea crudo o asado. El cuchama es una larva de lepidóptero, similar al gusano de maguey, que se consume en los meses de julio-agosto, considerado una delicatessen por los individuos de la región. Éstos son sólo unos cuantos de los ejemplos de recursos alternativos que se usan en una comunidad del estado de Puebla, lo cual se repite en un sinnúmero de comunidades, prácticamente a todo lo largo y ancho de la república mexicana. En cada comunidad existen varios recursos alternativos que son usados por los habitantes para complementar, particularmente en las épocas en que las labores del campo no producen beneficios alimenticios y/o económicos, los ingresos económicos o bien complementar la alimentación de niños y adultos, incrementando la ingesta de proteínas.

Asignar un valor comercial a estos productos es muy difícil, no sólo por los problemas de comercialización que se apuntaron anteriormente, sino por la dificultad de establecer un valor real al esfuerzo que implica colectarlos. En los mercados locales alcanzan un precio muy bajo tanto por la falta de capacidad económica de los compradores, normalmente otros campesinos, quienes además minimizan el esfuerzo de los colectores aun cuando aprecian los productos, como por la irregularidad de la oferta. El impacto económico que el mercadeo de estos productos tiene dentro de la comunidad es, asimismo, muy difícil de evaluar pues normalmente se hace en los tianguis semanales y se mezclan con otras mercaderías que traen las mismas personas, producto de sus milpas y terrenos de cultivo. En diferentes ocasiones y lugares se ha

planteado como alternativa económica para mejorar la vida de los habitantes de estas comunidades, relativamente apartadas, la comercialización e industrialización de estos productos, y se mencionan las posibilidades de alcanzar precios altos en mercados de mayor potencial económico. Sin embargo, la mayoría de estos esfuerzos se ven limitados por la falta de características industriales en la producción de estos productos. En algunas ocasiones se ha convocado a diferentes industrias alimentarias para industrializar productos alternativos, encontrándose que a pesar de la buena voluntad de éstas, tal producción es irregular, tanto en cantidad como en calidad, reduciendo su potencial para la industrialización. Aparejado a esto la ausencia de procesamiento de la mayoría de estos productos y la falta de tecnologías adecuadas normalmente desembocan en una pobre higiene de los productos alimenticios y en una corta vida de almacén de los mismos. El desconocimiento y la neofobia en muchos casos son las causantes de que estos productos no sean aceptados por fracciones de la sociedad con mayores potenciales de compra, aun cuando alcancen los mercados de alto potencial. A pesar de lo anterior, el panorama no es del todo sombrío para este tipo de productos usados en las comunidades; hay algunos ejemplos de comercialización exitosa como "el escamol" o el famoso y delicioso gusano de maguey, los cuales originalmente fueron recursos alternativos y ahora son parte importante de la economía de algunos municipios de Hidalgo y Tlaxcala. Las zonas costeras no son la excepción a este tipo de explotación alternativa. En la mayoría de los casos el consumo de especies animales (y en ocasiones vegetales) realizada por los habitantes de comunidades costeras es sumamente variado, aprovechando una gran cantidad de especies, evitando ejercer una presión sobre algunas pocas especies. Desgraciadamente el uso de estos recursos alternativos, en ocasiones impacta algunas especies importantes como en el caso de los huevos de tortuga. La presión que sobre la biodiversidad ejercen estas actividades de colecta y explotación de recursos alternativos es, en general, variable y debe ser tomada con cautela. Cuando un recurso "alternativo" llega a ser muy demandado, puede ejercer una gran presión sobre los lugareños, quienes en su afán de conseguir mayores beneficios económicos, rompen las reglas de conservación que se encuentran inmersas en una explotación tradicional y a nivel local. Por otro lado la diversificación y la planeación en la explotación de estos recursos no sólo coadyuva a su conservación sino que mejora las condiciones de la biodiversidad, disminuyendo la presión sobre especies amenazadas y estableciendo zonas de protección, alcanzando el financiamiento que se requiere para mantener estos ecosistemas (como programas de vigilancia, señalización, etc.) En resumen, la explotación de estos recursos de uso tradicional es, sin duda una alternativa que puede, si se maneja adecuadamente, proveer un complemento al ingreso de algunas comunidades o en algunos casos hasta una base para sustentar pequeñas economías. Sin embargo, para que estos recursos puedan alcanzar su óptimo en productividad, ingreso y sustentabilidad se requiere de la conjunción de una serie de elementos. En primer término, el conocimiento biológico de las especies resulta básico tanto en lo intrínseco (el potencial de reproducción, la capacidad de carga del medio ambiente, las tasas de reclutamiento y remplazo, así como la edad o estadio óptimo para la colecta) como los factores extrínsecos, tales como las interacciones con otros elementos de la biota y las condiciones ambientales que favorecen o entorpecen la producción y la susceptibilidad del recurso a cambios ambientales drásticos o cíclicos, etc. Se requieren de procesamientos acordes a las realidades del producto, en términos de niveles de producción y estacionalidad, procesos de mayor higiene y envasado que preserven las calidades alimenticias, mejoren o enriquezcan la vida de anaquel y que las hagan verdaderamente competitivas ante los productos tradicionales.

También son necesarios planes de comercialización que respondan a las características propias del producto; que se encuentren dirigidos a sectores de la población que puedan incrementar su demanda y precio sin fomentar la sobrexplotación; procesos de mercadeo que informen de las bondades del producto y que hagan del conocimiento del consumidor el origen e historia del mismo; reducción al mínimo de los procesos burocráticos y de regulación que

permitan estas explotaciones; reducción al mínimo del intermediarismo a fin de garantizar que el mayor porcentaje de las ganancias económicas producidas por estas explotaciones llegue a los verdaderos productores y éstos encuentren un recurso traducible en una mejoría real de su nivel de vida. Sólo así ellos mismos participarán de la protección del recurso y de la biodiversidad asociada a éste. Recursos que no han sido descubiertos Es difícil imaginar un recurso que no haya sido usado por nadie y a nadie se le haya ocurrido, principalmente porque a pesar de lo que a veces creemos, las poblaciones locales realizan experimentación empírica y a través de la tradición oral se transmiten los conocimientos adquiridos. Sin embargo, hay una cantidad de recursos que no han sido considerados. En algunas plantas del norte de México se han reportado más de cien compuestos químicos de los llamados química secundaria de las plantas (ya sea que los usen como defensa o sean el resultado de procesos fisiológicos que no son usados nuevamente). En semillas de diferentes especies en una zona semiárida de Hidalgo encontramos hasta tres diferentes compuestos químicos que pueden ser considerados como medicinales. A pesar de esto, de todas las patentes de productos farmacéuticos de origen vegetal, menos del 11% corresponden a plantas latinoamericanas. Estos dos elementos nos hablan del gran potencial de recursos que existen en los diferentes ecosistemas de México.

Explotación indirecta de los recursos

Existe una gran diversidad de usos alternativos que pueden recibir los recursos, tanto animales como vegetales, de manera indirecta o como subproducto de cierta explotación directa de algunos recursos. En la mayoría de los casos se trata de una producción mínima y más con interés artesanal que con objeto de encontrar una fuente alternativa de ingresos o una ocupación para los tiempos en que no se pueden dedicar a las actividades principales. Un recurso alternativo que ha sido profundamente estudiado en zonas en donde resulta importante mantener la biodiversidad existente es el turismo y el ecoturismo. La industria turística en México ocupa el tercer lugar como captador de divisas (detrás del petróleo y la exportación de manufacturas) con más de 8,000 millones de dólares de ingresos totales. De esta parte, sin embargo, la gran mayoría se concentra en sólo cinco estados de la república (D.F., Guerrero, Quintana Roo, Baja California y Veracruz). Para muchas poblaciones de escasos recursos, el turismo o ecoturismo puede ser una alternativa económica viable. El impacto sobre la biodiversidad del turismo regular suele ser devastador. Los sitios turísticos normalmente se convierten rápidamente en ciudades, dado el gran flujo de dinero y la generación de empleo que se produce. Esto da lugar a una migración y un incremento de la población, que a su vez demanda mayor cantidad de empleos, servicios y satisfactores. Alrededor de estos centros los recursos vegetales son removidos para introducir sistemas de producción agrícola con el fin de satisfacer la demanda de recursos que hacen tanto los turistas como los prestadores de servicios, lo cual tiende a convertir en monocultivos lo que fueran selvas y bosques. El llamado Triángulo del Sol es un ejemplo de esta situación. Las llanuras costeras del Pacífico son asiento de la mayor diversidad de selvas bajas, en las que se llegan a encontrar más de 1,000 especies vegetales, como lo constatan las selvas que permanecen al norte y sur de esta zona. Estas planicies se han convertido en cultivos de plátano, mango y coco, exclusivamente, con el consiguiente deterioro de la fauna. Un concepto que ha surgido recientemente, sobre todo en nuestro país, es el llamado ecoturismo, el cual lleva inherente el hecho de la conservación de la biodiversidad, ya que es ésta su principal atractivo. Existen países como Costa Rica que han elevado su producto interno bruto con base en el ecoturismo, creando un sistema de parques nacionales que cubre más del 25% de su territorio total. En Guatemala se anuncia ya, por Internet, una licenciatura en ecoturismo. Al contrario del turismo tradicional, éste no requiere de grandes construcciones pues la gente que lo consume prefiere estar en contacto con la naturaleza y las construcciones son habitualmente rústicas. La predisposición de este tipo de turistas a la conservación y contemplación de la naturaleza permite que las regulaciones y controles que se requieren sean fácilmente aceptados. México cuenta ya con varios sitios en los

que se explota el ecoturismo; sólo como un ejemplo, la península de Yucatán tiene varias reservas naturales en donde se puede practicar, y de hecho se fomenta, el ecoturismo. A pesar de todas estas bondades, el ecoturismo tiene algunos problemas. La cantidad de turistas que llegan por viaje es reducido, lo cual es en sí una limitante para el número de empleos que genera (particularmente en comparación al turismo tradicional), a pesar de las condiciones rústicas en las que opera requieren de ciertos insumos para los turistas, los cuales deben ser trasladados desde fuera de los sitios, lo que incrementa su precio y reduce el margen de ganancias. Por supuesto la planeación de los recorridos ecoturísticos puede darse en diferentes escalas.

4. Biotecnología en cultivos

1. ¿Qué es Biotecnología?

La biotecnología no es, en sí misma, una ciencia; es un enfoque multidisciplinario que involucra varias disciplinas y ciencias (biología, bioquímica, genética, virología, agronomía, ingeniería, química, medicina y veterinaria entre otras).

Hay muchas definiciones para describir la biotecnología. En términos generales biotecnología es el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor para el hombre. Como tal, la biotecnología ha sido utilizada por el hombre desde los comienzos de la historia en actividades tales como la preparación del pan y de bebidas alcohólicas o el mejoramiento de cultivos y de animales domésticos. Históricamente, biotecnología implicaba el uso de organismos para realizar una tarea o función. Si se acepta esta definición, la biotecnología ha estado presente por mucho tiempo. Procesos como la producción de cerveza, vino, queso y yoghurt implican el uso de bacterias o levaduras con el fin de convertir un producto natural como leche o jugo de uvas, en un producto de fermentación más apetecible como el yoghurt o el vino. Tradicionalmente la biotecnología tiene muchas aplicaciones. Un ejemplo sencillo es el compostaje, el cual aumenta la fertilidad del suelo permitiendo que microorganismos del suelo descompongan residuos orgánicos. Otras aplicaciones incluyen la producción y uso de vacunas para prevenir enfermedades humanas y animales. En la industria alimenticia, la producción de vino y de cerveza se encuentra entre los muchos usos prácticos de la biotecnología.

La biotecnología moderna está compuesta por una variedad de técnicas derivadas de la investigación en biología celular y molecular, las cuales pueden ser utilizadas en cualquier industria que utilice microorganismos o células vegetales y animales. Esta tecnología permite la transformación de la agricultura. También tiene importancia para otras industrias basadas en el carbono, como energía, productos químicos y farmacéuticos y manejo de residuos o desechos. Tiene un enorme impacto potencial, porque la investigación en ciencias biológicas está efectuando avances vertiginosos y los resultados no solamente afectan una amplitud de sectores sino que también facilitan enlace entre ellos. Por ejemplo, resultados exitosos en fermentaciones de desechos agrícolas, podrían afectar tanto la economía del sector energético como la de agroindustria y adicionalmente ejercer un efecto ambiental favorable.

Una definición más exacta y específica de la biotecnología "moderna" es "la aplicación comercial de organismos vivos o sus productos, la cual involucra la manipulación deliberada de sus moléculas de DNA". Esta definición implica una serie de desarrollos en técnicas de laboratorio que, durante las últimas décadas, han sido responsables del tremendo interés científico y comercial en biotecnología, la creación de nuevas empresas y la reorientación de investigaciones y de inversiones en compañías ya establecidas y en Universidades.

La biotecnología consiste en un gradiente de tecnologías que van desde las técnicas de la biotecnología "tradicional", largamente establecidas y ampliamente conocidas y utilizadas (e.g., fermentación de alimentos, control biológico), hasta la biotecnología moderna, basada en la utilización de las nuevas técnicas del DNA recombinante (llamadas de ingeniería genética), los anticuerpos monoclonales y los nuevos métodos de cultivo de células y tejidos.

2. ¿Cómo ha sido el desarrollo y las aplicaciones de los avances en biotecnología?

La biotecnología es ciertamente un tópico científico importante. Durante las últimas décadas ha contribuido a la transformación de muchos aspectos de la industria química, de la agricultura y de la medicina –una transformación que ha salido del laboratorio a su aplicación práctica con notable rapidez-. La biotecnología no es nueva: sus orígenes se remontan a los albores de la historia de la humanidad. Nuestros ancestros primitivos iniciaron hace alrededor de 10 000 años durante la Edad de Piedra, la práctica de utilizar organismos vivos y sus productos. Cuando comenzaron a mantener animales domésticos y a crecer plantas para su alimentación, en vez de depender únicamente en lo que pudieran cazar o recolectar. Una de las industrias más antiguas del mundo, la elaboración de cerveza, depende de un proceso típicamente biotecnológico. El mejoramiento de animales domésticos se considera también biotecnología, si aceptamos la definición de biotecnología como la explotación de organismos vivos para beneficio del hombre. En términos generales, el hombre no está satisfecho con la productividad de los organismos en su estado silvestre, por consiguiente, se requiere de mejoramiento para realizar un cambio permanente en la composición hereditaria del organismo con el fin de aumentar la productividad del producto deseado (proteína, carbohidratos o alcohol). Históricamente, el cruzamiento ha sido factor limitante en el mejoramiento de organismos, porque los métodos convencionales, incluyendo algunos descritos desde el Antiguo Testamento, son lentos y empíricos, y se efectúan por ensayo y error. La posibilidad que ofrece la "biotecnología moderna" es que presenta sistemas radicalmente novedosos para alterar o modificar las propiedades genéticas de los organismos en una forma totalmente dirigida.

Esta capacidad ha dependido de los descubrimientos y avances de las técnicas de biología molecular, del mayor conocimiento del DNA como material de la herencia, del código genético, de los métodos de leer el mensaje genético por secuenciación de los genes, del uso de las enzimas de restricción con las cuales es posible cortar y unir fragmentos de DNA en una forma dirigida y deliberada.

Los organismos utilizados hoy en día en biotecnología pueden ser complejos como el ganado vacuno, o tan simples como las levaduras utilizadas para la producción de cerveza o del pan. Aún microorganismos simples son muy valiosos porque suministran drogas que incluyen los antibióticos como la estreptomycin y la penicilina, así como otros productos químicos complejos que se podrían obtener por síntesis en el laboratorio, pero a un costo mucho mayor y con más dificultad.

Por consiguiente, la biotecnología no es una ciencia nueva; más bien es un término nuevo que se ha dado a la evolución y recientes avances de la ciencia de la genética. Esta ciencia se originó hacia finales del siglo XIX con el trabajo pionero de Gregor Mendel.

Aunque la mayor parte de la información que ha hecho posible el desarrollo de la tecnología del DNA recombinante, y por consiguiente los avances en la biotecnología moderna, ha sido lograda en las últimas 4-5 décadas, la historia realmente se inicia hace más de 130 años atrás, con las investigaciones independientes de Charles Darwin y Gregor Mendel. Las contribuciones de Darwin (considerado por algunos como el padre de la biología moderna), recibieron reconocimiento inmediato, aunque este reconocimiento no siempre era favorable. Darwin en sus

estudios concluyó que las especies no son fijas e inalterables, sino que son capaces de evolucionar durante el tiempo, para producir nuevas especies. Adicionalmente, Darwin suministró una posible explicación sobre como podría ocurrir esta evolución. Él observó que miembros individuales de una especie dada presentan una gran variación, y propuso que algunos de ellos podrían estar más acondicionados para el ambiente en el que se encontraban, que los otros menos acondicionados. Por consiguiente, los individuos más aptos producirían más descendencia que los menos aptos. Eventualmente, este proceso, denominado por Darwin como selección natural (publicado en 1859) causaría una modificación en las características de la población y aquellos rasgos que favorecieran la supervivencia y la reproducción se mantendrían y se propagarían, mientras que los rasgos menos favorables se harían menos comunes o desaparecerían. En el mejoramiento de plantas o animales ocurre algo similar, aunque es el mejorador y no la naturaleza quien provee la presión selectiva a través de la selección de las características o rasgos que desea mantener.

Simultáneamente, el monje Grégor Mendel se encontraba trabajando en forma callada en el jardín de su monasterio en Austria. Mendel estaba estableciendo los fundamentos de la ciencia de la genética moderna, aunque debieron transcurrir otros 35 años antes de que la comunidad científica apreciara la significancia de su trabajo. Las investigaciones de Mendel revelaron las reglas básicas que controlan la herencia. Mendel estudió y le hizo seguimiento a la herencia de algunas características seleccionadas por él, en generaciones sucesivas de plantas de arveja. De sus resultados, publicados en 1865, dedujo que los rasgos o características hereditarias son transportados y transmitidos a las progenies como unidades discretas (separadas). Esencialmente, él originó el concepto del 'gen', aunque este término no se utilizó sino hasta comienzos del siglo XX. Los experimentos de Mendel también lo llevaron a concluir que cada individuo lleva dos unidades para una característica dada, pero solamente transfiere una de ellas a cada descendiente o progenie. Adicionalmente, describió que algunas variantes de una característica particular son dominantes sobre otras. Si se heredan conjuntamente, el carácter dominante se expresa, mientras que el otro, variante recesivo, no se observa. Estos postulados explicaron plenamente los patrones hereditarios en las plantas de arveja. Los reportes de Mendel permanecieron ignorados por mucho tiempo; aún él mismo desconocía su importancia. Las unidades hereditarias descritas por Mendel son el material fundamental para la variación que se observa en la selección natural. De Vries y Correns, quienes estaban realizando trabajos de mejoramiento similares, eventualmente redescubrieron las investigaciones de Mendel al inicio del siglo XX. Fue por esta época que la unidad básica de herencia se conoció como el gen, y la ciencia de la herencia fue denominada como 'genética'.

A pesar de que Mendel describió el comportamiento esencial de los genes, sus experimentos no revelaron la naturaleza química de las unidades de la herencia. Esto ocurrió hacia la mitad del siglo XX e involucró muchos trabajos de diferentes científicos de todo el mundo, durante varias décadas.

La identificación del material genético como DNA y la descripción y comprensión de su estructura y funciones requirieron una enorme cantidad de trabajo. Durante la década de 1970, los científicos desarrollaron nuevos métodos para combinar segmentos de DNA (ácido desoxirribonucléico, material bioquímico de todas las células vivas portador de la información que controla las características hereditarias) y para transferir porciones de DNA de un organismo a otro. Este conjunto de técnicas es conocido como la tecnología del DNA recombinante o la ingeniería genética. Durante las últimas dos décadas se ha presentado un crecimiento exponencial en el número de avances significativos en genética. Es precisamente este avance, en nuevas técnicas para la comprensión y la modificación de los genes de los organismos vivos, el que ha producido un incremento en el interés y en las inversiones en biotecnología.

La biotecnología se está moviendo a esferas muy importantes y de gran impacto. Después de salud y farmacéuticos - los principales sectores de aplicación- y las aplicaciones subsiguientes en agricultura y sector alimenticio, la protección y restauración del ambiente pueden convertirse en un logro prioritario de las ciencias y tecnologías de la vida. Algunos desarrollos en ciencias y campos de aplicación específicos han presentado características peculiares.

El sector de alimentos fue el primero (entre los sectores vegetal, animal y no alimenticio) en acoger las innovaciones biotecnológicas a mediados de 1970. Al inicio de la década de 1990 las operaciones comerciales con aplicaciones de biotecnología moderna incluían: métodos biotecnológicos de pruebas y controles, bioconversión de almidón a productos endulzantes, saborantes y productos para destacar el sabor, procesamiento de jugos de frutas, aminoácidos y otros nutrientes especiales, pigmentos y vitaminas de microalgas, nuevos alimentos producto de fermentación, enzimas para producción de quesos, productos lácteos libres de lactosa e híbridos de levaduras. Más recientemente, se están aplicando técnicas moleculares muy exactas, sensibles y reproducibles para diagnóstico y control de calidad

La biotecnología animal ha venido desarrollándose durante las últimas décadas. Las aplicaciones iniciales se dirigieron principalmente a sistemas diagnósticos, nuevas vacunas y drogas, fertilización de embriones in vitro, uso de hormonas de crecimiento (administradas o vía transgénesis) con el fin de incrementar el crecimiento y la producción de leche, los alimentos animales y los aditivos de alimentos. Los animales transgénicos como el 'ratón oncogénico' han sido muy útiles en trabajos de laboratorio para estudios de enfermedades humanas.

Los anticuerpos monoclonales (AcMC) se están utilizando tanto en terapia para enfermedades como para diagnóstico. Este es uno de los ejemplos interesantes de cómo la investigación pura (aunque su objetivo primario es la solución de algún problema científico fundamental) frecuentemente origina beneficios prácticos significativos. Las tecnologías de los anticuerpos monoclonales se han movido rápidamente de los laboratorios de investigación hacia la aplicación comercial y clínica desde que se hicieron disponibles hacia mediados de 1970. El desarrollo de los anticuerpos monoclonales se inició con las investigaciones de Georges Köhler y Cesar Milstein en Cambridge (Inglaterra), en diversidad de anticuerpos. Ellos fusionaron células de mieloma con otras células productoras de anticuerpos de especificidad conocida. Las células híbridas se conocen como 'hibridomas' y producen las mismas moléculas de anticuerpos, de ahí el nombre de anticuerpos monoclonales. La importancia de este desarrollo es que el clon híbrido puede mantenerse indefinidamente en cultivo; por consiguiente el trabajo de Köhler y Milstein hizo posible la producción de virtualmente cantidades ilimitadas de anticuerpos puros de especificidad conocida.

En el caso del desarrollo de la biotecnología vegetal, hay dos componentes importantes e independientes: cultivo de tejidos y biología molecular. Mientras que los inicios del cultivo de tejidos vegetales puede encontrarse durante las primeras décadas del siglo XX, los estudios moleculares completos y rigurosos solamente se iniciaron hacia 1970. Las bases científicas para el desarrollo de los sistemas de cultivo de células y tejidos vegetales se fundamentan en: la teoría celular de Schleiden (1838) y Schwann (1839) la cual enuncia que células individuales en un organismo tienen la 'capacidad de vida independiente'; y en el concepto Darwiniano de regulación hormonal del crecimiento vegetal (Darwin y Darwin 1890). Aunque se realizaron intentos de cultivar células y tejidos vegetales aislados desde 1902, estudios formales, organizados y detallados solamente comenzaron hacia los 1930s. Estos estuvieron fuertemente influenciados por el descubrimiento en 1934/1935 de la primera sustancia natural reguladora del crecimiento vegetal, la auxina ácido indolacético.

Simultáneamente Philip White en los Estados Unidos, Roger Gautheret y Pierre Nobercourt en Francia comenzaron sus famosos experimentos que llevaron al crecimiento ilimitado de raíces de plantas (1934) y células en cultivo y a la organogénesis in vitro (1939). Durante el transcurso de su trabajo con el cultivo de células de raíces de plantas de tomate infectadas con virus, White también observó que raíces subcultivadas frecuentemente se encontraban libres de virus. Esta observación llevó posteriormente al uso de cultivos de meristemos para la eliminación de virus y a la micropropagación y estableció las bases para el trabajo actual de micropropagación industrial a nivel mundial.

El descubrimiento de las citoquininas y el hallazgo de que estas, en combinación con las auxinas regulan la morfogénesis de brotes (1957), fue una piedra angular importante en el desarrollo de técnicas para la regeneración de plantas a partir de células en cultivo. Al mismo tiempo se describió la formación de embriones somáticos a partir de cultivos de callos y células en suspensión provenientes de zanahoria. Aunque ya se podía obtener regeneración de plantas a partir de cultivos de tejidos o de células mediante organogénesis o embriogénesis somática, solamente hasta 1965 se presentó evidencia inequívoca de la totipotencia de células vegetales completamente aisladas. Hasta alrededor de 1980 la regeneración de plantas estuvo limitada a algunas especies dicotiledóneas como modelo, y la mayoría de especies de leguminosas, monocotiledóneas y leñosas continuaban siendo recalcitrantes al crecimiento sostenido y regeneración en cultivo in vitro. Estos problemas se fueron superando eventualmente mediante el uso cuidadoso y sensato de los reguladores de crecimiento y de las condiciones de crecimiento.

El aislamiento (1969) y fusión (1970) de protoplastos vegetales, y la regeneración de plantas a partir de ellos (1971), generó mucho optimismo para el mejoramiento vegetal mediante la producción de híbridos somáticos. A pesar de los esfuerzos realizados, no se han obtenido híbridos novedosos de utilidad comercial, de ningún cultivo de importancia. Sin embargo, los protoplastos han demostrado su utilidad para la introducción directa de DNA llevando a la obtención de plantas transgénicas y para estudios básicos en función de promotores y regulación de genes.

La producción de plantas haploides a partir de cultivos de anteras (1964) y posteriormente de microsporas fue recibida como un gran éxito dirigido hacia la obtención rápida de líneas homocigotas para el mejoramiento vegetal. Esta tecnología, igual que la fusión de protoplastos, no ha respondido a las expectativas iniciales aunque se han obtenido algunas variedades útiles de arroz y de algunos otros cultivos. De manera similar, la presunción de que la variación generada en el cultivo (variación somaclonal) in vitro podría ser útil y explotada para ampliar la base genética de los cultivos (1981), ha sido descartada y dejada a un lado después de intensos trabajos con resultados pobres.

Simultáneamente con el desarrollo de sistemas eficientes para la regeneración de plantas a partir de cultivo de células, se han venido presentando avances muy significativos en los sistemas de transferencia de genes seleccionados a células vegetales y en la producción de plantas transgénicas. Los inicios de estos logros se remontan al descubrimiento de la arquitectura tridimensional del DNA por Watson y Crick (1953), complementada 20 años más tarde por el aislamiento de las enzimas de restricción y el desarrollo de la tecnología del DNA recombinante. La habilidad de obtener moléculas de DNA recombinante y de identificar y clonar genes, fue articulada con los trabajos pioneros de Braun (1941) sobre la agalla de corona causada por Agrobacterium tumefaciens. Esta combinación eventualmente llevó a la utilización de este patógeno del suelo como vector natural para la transformación genética de plantas por parte de DeBlock y de Horsch (1984). Más recientemente, el sistema de aceleración de partículas (biolística) desarrollado por Sanford (1988) ha mostrado ser una herramienta valiosa

para la transformación genética de plantas. Estos dos métodos son los más utilizados actualmente, y dan cuenta de la mayoría de plantas transgénicas producidas, incluyendo muchas especies de cultivo importantes, en las cuales se han integrado establemente genes de importancia agronómica.

Durante el siglo XX, los sistemas convencionales de mejoramiento han permitido incrementos importantes en productividad vegetal, lo cual ha evitado que millones de hectáreas de bosques, pastizales y áreas silvestres, que sustentan biodiversidad y ecosistemas vitales, sean convertidas en tierras de cultivo. Sin embargo, el mejoramiento de cultivos por hibridación convencional es lento y está restringido a un suministro de genes reducido, debido a las barreras naturales para el cruzamiento. Los avances en biotecnología vegetal han permitido superar estas barreras y han hecho posible la transferencia de genes seleccionados a los principales cultivos alimenticios, incluyendo cereales, papa, leguminosas, yuca, así como muchas hortalizas y frutas. El fondo común global de genes –ya sean de plantas, de animales, bacterianos o virales- se han hecho accesibles para el mejoramiento vegetal.

Los primeros genes integrados a especies cultivadas suministran resistencia a herbicidas, o a algunas plagas o enfermedades. Una superficie cada vez mayor de cultivos transgénicos (algodón, canola, maíz, soya y papa entre otros) se está cultivando para uso y consumo humano y animal. La superficie mundial, en acres, dedicada a cultivos transgénicos aumentó de 7 millones de acres en 1996, a más de 30 millones de acres en 1997. En 1997, el algodón transgénico representaba el 18%, la soya transgénica el 13% y el maíz transgénico el 9% de la superficie cultivada en los Estados Unidos, mientras que el 25% de la canola cultivada en Canadá era transgénica.

La biotecnología ambiental tampoco es un campo nuevo: la elaboración de compost (compostaje) y las tecnologías de aguas residuales son ejemplos conocidos de la ‘antigua’ biotecnología ambiental. El uso de microorganismos en procesos ambientales se encuentra desde el siglo XIX, aunque esas aplicaciones pueden ser consideradas más como destreza que como ciencia.

Hacia finales de 1950 y principios de 1960, cuando se descubrió la estructura y función de los ácidos nucleicos, se puede distinguir entre la biotecnología antigua tradicional y la biotecnología de segunda generación, la cual, en parte, hace uso de la tecnología del DNA recombinante. Desarrollos más recientes en biología molecular, ecología e ingeniería ambiental, ofrecen actualmente la oportunidad de modificar genéticamente organismos de tal manera que los procesos biológicos básicos sean más eficientes y capaces de degradar compuestos químicos más complejos así como mayores volúmenes de materiales de desecho. Actualmente, la principal aplicación de la biotecnología ambiental es limpiar o ‘remediar’ la contaminación. La limpieza del agua residual fue una de las aplicaciones iniciales, seguida por la purificación del aire y gases de desecho mediante el uso de biofiltros. La biorremediación se está enfocando hacia el suelo y los residuos sólidos, por lo cual están surgiendo complejas inquietudes e interrogantes tanto científicas como técnicas, relacionadas con el escaso conocimiento de las interacciones de los organismos entre sí, y con el suelo.

Logros destacados de la nueva biotecnología ambiental incluyen la limpieza de aguas y de suelos contaminados con productos del petróleo. La biotecnología ambiental (como otras biotecnologías) articula muchas disciplinas, interactúa con muchas otras ramas de la ciencia y de la ingeniería, y puede ser vista como uno de los sectores en donde se pueden vincular exitosamente iniciativas públicas y privadas.

En relación con lixiviación bacteriana y biominería, los microorganismos han venido usando y liberando minerales en la corteza terrestre desde tiempos geológicamente antiguos. Por largo tiempo las operaciones mineras se han beneficiado de las actividades de estos microorganismos que se encuentran naturalmente, especialmente de la habilidad de algunas bacterias de solubilizar y lixiviar metales de menas (rocas mineralizadas) insolubles. Desde 1000 AC mineros en la cuenca del Mediterráneo recuperaban el cobre que era lixiviado por bacterias en las aguas de drenaje de las minas, aunque desconocían la actividad de las bacterias. Los romanos en el siglo I, y posteriormente los galeses en el siglo XVI y los españoles en el siglo XVIII, utilizaron sin duda la lixiviación bacteriana para la recuperación de metales. Sin embargo, la contribución de las bacterias en la lixiviación no fue reconocida sino hasta el siglo XX. Los primeros reportes de que ciertas bacterias no identificadas estaban involucradas en la lixiviación de sulfuros de zinc y de hierro se presentaron hacia 1920. El papel fundamental de las bacterias en la lixiviación de menas minerales se desatendió hasta 1947 cuando A. Colmer y M.E. Hinkle de la Universidad de West Virginia describieron una bacteria (*Tiobacillus ferrooxidans*) como el organismo responsable principal de la lixiviación de menas de sulfuros metálicos.

La lixiviación bacteriana está siendo exitosamente utilizada en muchos países del mundo para recuperar metales de una gran variedad de menas. Los principales metales recuperados son cobre y uranio, pero también se obtienen cobalto, níquel, zinc, plomo y oro. La biolixiviación ha recibido cada vez mayor atención porque la tecnología tiene el potencial de aminorar algunos de los problemas que se presentan en la industria minera. Un problema grave es el agotamiento de depósitos minerales, cuya consecuencia es la necesidad de trabajar a mayores profundidades. En muchos casos, es posible utilizar bacterias para lixiviar el mineral deseado de profundidades mayores, sin necesidad de remover los depósitos, con lo cual se economizan los costos de mover grandes tonelajes de menas y rocas de desecho a la superficie. Adicionalmente, muchos procedimientos convencionales consumen grandes cantidades de energía.

La biolixiviación de menas y concentrados puede suministrar una alternativa para economizar energía. Por otro lado, la tecnología de la biominería presenta beneficios ecológicos potenciales. Un problema frecuente y de larga data en operaciones mineras ha sido la liberación incontrolada de metales y ácidos. La lixiviación controlada puede dar como resultado tanto la recuperación de metales valiosos, como la protección del ambiente de esta fuente de polución. Los avances en biotecnología continuaron durante las dos últimas décadas en los países industrializados, aunque con una visión más exacta y realista de las implicaciones económicas y sociales que la que se tenía en años anteriores. De acuerdo con la Oficina de Evaluación de Tecnología del Congreso de los Estados Unidos (OTA), las biotecnologías durante la década de 1980 perdieron su habilidad de convertir las promesas en dinero inmediato, el desarrollo de productos fue más lento que lo esperado debido a problemas técnicos no previstos, a la lentitud en la aprobación de regulaciones y procesos de patentes, y a las dificultades tanto en el escalamiento industrial como en la obtención de resultados clínicos significativos en muchos productos. A diferencia de Japón y Europa, la visión general de las biotecnologías en Norteamérica en estas décadas se limitó a procesos y productos de la biotecnología moderna que involucraran ingeniería genética. Esta concentración de esfuerzos llevó al descubrimiento y manufactura de los primeros productos comerciales derivados de la biotecnología, e.g., insulina y hormona del crecimiento humano, y posteriormente el activador de plasminógeno y un número de polipéptidos y proteínas biológicamente activos. En 1991, 15 drogas biotecnológicas se encontraban en el mercado de los Estados Unidos, número que se ha incrementado año tras año.

Actualmente se ha renovado el interés por las biotecnologías convencionales, debido a las presiones de la comunidad por la conservación y manejo ambiental. Las aplicaciones de la biotecnología en el campo ambiental habían sido bajas, comparadas con otros sectores industriales. Los procesos de biorremediación, los cuales anteriormente se basaban en microorganismos que se encuentran naturalmente, están desarrollando organismos manipulados genéticamente. Hay un interés renovado en productos de consumo de alto volumen y bajo valor agregado (alimentos y combustibles de sustratos tipo carbohidratos, de bajo costo).

Durante las décadas de 1980 y 1990 la tasa de avances dirigidos a las biotecnologías agroalimentarias fue mayor que lo esperado. Sin embargo, una 'revolución en el conocimiento' no llevó inmediatamente a una 'revolución agrícola'; los cambios obtenidos en mejoramiento animal y vegetal, y en producción de alimentos pueden requerir de 20 a 30 años, dependiendo de numerosos factores, muchos de ellos fuera del dominio de ciencia y tecnología (e.g., económicas, legales y restricciones de seguridad, percepción pública, políticas industriales).

Muchas otras aplicaciones benéficas de la biotecnología se encuentran en desarrollo activo. La producción de plásticos biodegradables en plantas transgénicas podría conducir a una reducción sustancial en el uso de plásticos basados en el petróleo; se están obteniendo buenos resultados con el uso de plantas transgénicas para la producción de proteínas terapéuticas y de fármacos e inclusive se están desarrollando vacunas comestibles; y plantas modificadas genéticamente han demostrado ser útiles en fitoremediación para la descontaminación de suelos que contienen metales pesados y otras sustancias tóxicas.

3. Clasificación, aplicaciones y técnicas usadas en Biotecnología.

De acuerdo al campo de aplicación la biotecnología puede ser distribuida o clasificada en cinco amplias áreas que interactúan a saber: Biotecnología en salud humana, Biotecnología animal, Biotecnología Industrial, Biotecnología Vegetal y Biotecnología ambiental.

Las técnicas biotecnológicas utilizadas son comunes en las diferentes campos de aplicación de la biotecnología, estas se pueden agrupar en dos grandes grupos de técnicas: **Cultivo de tejidos y Tecnología del DNA**. La primera trabaja a un nivel superior a la célula (con sus componentes - membranas, cloroplastos, mitocondria, etc) e incluye células, tejidos y órganos que se desarrollan en condiciones controladas. La segunda, involucra la manipulación de genes que determinan las características celulares (de plantas, animales y microorganismos), lo que significa el trabajar a nivel de DNA: Aislamiento de genes, su recombinación y expresión en nuevas formas y su transferencia a células apropiadas. El principal impacto de las modernas biotecnologías ha sido en el área farmacéutica. El número de productos y servicios disponibles permanentemente se está incrementando para las áreas farmacéutica, agrícola, alimentaria, producción de energía y tratamientos de desechos, limpieza de aguas y biorremediación entre otros.

Las tecnologías de DNA recombinante han tenido asombrosas repercusiones en los últimos años. Los biólogos moleculares han mapeado genomas enteros, se han desarrollado y comercializado nuevas medicinas y producido plantas con nuevos tipos de resistencia a enfermedades que no podían ser desarrolladas por los métodos tradicionales. Muchos ejemplos como la papa libre de amilosa y la bacteria que produce índigo, también incluyen el uso de organismos modificados genéticamente por tecnologías de DNA recombinante. También Muchas enzimas son rutinariamente producidas por la tecnología del DNA recombinante.

Dada la abrumadora diversidad de especies, biomoléculas y vías metabólicas en este planeta, la ingeniería genética puede en principio ser una herramienta muy poderosa para crear

alternativas amistosas ambientales en productos y procesos que actualmente contaminan el ambiente o acaban con los recursos no renovables. Factores políticos, económicos y sociales en últimas, determinarán que posibilidades científicas se harán realidad

La transformación genética y otras técnicas de mejoramiento de cultivos han sido utilizados para lograr cuatro objetivos principales: cambiar las características de productos, mejorar la resistencia a patógenos y plagas en vegetales, incrementar la producción e incrementar el valor nutricional de alimentos. Los cultivos transgénicos tienen el potencial para contribuir a incrementar la calidad en los alimentos y la producción, la calidad en el ambiente (reduciendo los requerimientos de químicos) y la salud humana.

Biología Animal y en salud humana

Las biotecnologías proporcionan un amplio rango de usos potenciales en animales y humanos. Por ejemplo, puesto que cada criatura es única, cada una posee una "receta" (composición) única de DNA. Los individuos de cualquier especie, cruce o línea híbrida pueden usualmente ser identificados por pequeñas diferencias en su secuencia de DNA - tan pequeñas como que se puede detectar una diferencia en un millón de letras. Utilizando las técnicas de RFLPs (Polimorfismo en longitud de fragmentos de restricción) se pueden obtener DNA 'fingerprints' (identidad molecular). Cualquier organismo puede ser identificado por composición molecular, en consecuencia este 'fingerprint' puede ser usado para determinar las relaciones familiares en litigios de paternidad, para confrontar donantes de órganos con receptores en programas de trasplante, unir sospechosos con la evidencia de DNA en la escena del crimen (biotecnología forense), o servir como indicativo de pedigrí para mejoramiento en semillas y ganado.

El desarrollo de técnicas para el diagnóstico de enfermedades infecciosas o de desordenes genéticos es una de las aplicaciones de mayor impacto de la tecnología de DNA. Al utilizar las técnicas de secuenciación de DNA y de PCR (reacción de polimerasa en cadena) los científicos pueden diagnosticar infecciones virales, bacterianas o fúngicas, distinguir entre individuos cercanamente emparentados, o mapear la localización específica de los genes a lo largo de la molécula de DNA en las células. La tuberculosis, el SIDA, los papilomavirus y muchas otras enfermedades infecciosas, adicionalmente a los desordenes heredados como la fibrosis quística o la anemia falciforme son diagnosticadas en pocas horas utilizando las técnicas de PCR en lugar de varios días o semanas por los métodos tradicionales, permitiendo intervención y tratamiento más tempranos. También se encuentran disponibles pruebas de PCR para diagnóstico de enfermedades de cultivos y animales.

Existen tres áreas diferentes en las cuales la biotecnología puede influir sobre la producción animal: el uso de nuevas tecnologías reproductivas, nuevas vacunas y nuevas bacterias y cultivos celulares que producen hormonas. En animales tenemos ejemplos de modelos desarrollados para evaluar enfermedades genéticas humanas, el uso de animales para la producción de drogas y como fuente donante de células y órganos, por ejemplo el uso de animales para la producción de proteínas sanguíneas humanas o anticuerpos.

La inseminación artificial de bovinos ha estado disponible por muchos años, y en los últimos veinte años los científicos han desarrollado técnicas que permiten la transferencia de embriones sin cirugía. La transferencia de embriones ha llevado al desarrollo de otros servicios como el sexaje, técnicas de congelamiento y otros.

Para las enfermedades animales, la biotecnología provee de numerosas oportunidades para combatirlas, y están siendo desarrolladas vacunas contra muchas enfermedades bovinas y porcinas. Las nuevas vacunas recombinantes tienen mayor protección, son más estables y más fáciles de producir.

La ingeniería genética ha hecho posible producir hormonas de crecimiento e interferon para bovinos, porcinos y aves. La modificación de los organismos iniciales proporciona oportunidades para el mejoramiento de las propiedades organolépticas y el tiempo de permanencia en estante de productos cárnicos y lácticos, así como mejores tasas de fermentación que facilitan la mecanización de los procesos.

Los marcadores moleculares basados en DNA pueden ser utilizados en varias formas para construir mapas de relación de diferentes especies así como para localizar genes particulares. El mapeo de marcadores es utilizado para agilizar la selección en procesos tradicionales de mejoramiento. Los marcadores moleculares, mejoramiento asistido por marcadores y secuenciación de DNA son aplicables tanto a plantas como a animales pero presentan mayor potencial en mejoramiento animal debido a los costos de los individuos, lo largo de los ciclos de mejoramiento y el pequeño número de descendencia.

La clonación somática que permitió la clonación somática de una oveja, ofrece nuevas posibilidades en el mejoramiento animal, conservación de recursos genéticos animales y como una herramienta de mayor costo efectivo para investigación y entrenamiento. Las técnicas relacionadas de transferencia de embriones, criopreservación de embriones y semen e inseminación artificial son ampliamente utilizadas, con impacto significativo.

Biotechnología industrial

Las tecnologías de DNA ofrecen muchas posibilidades en el uso industrial de los microorganismos con aplicaciones que van desde producción (a través de procesos industriales y agro procesos) de vacunas recombinantes y medicinas tales como insulina, hormonas de crecimiento e interferon, enzimas y producción de proteínas especiales. Las vacunas recombinantes tiene gran aplicación no solo pueden ser producidas en forma a menor costo sino que ofrecen ventajas de seguridad y especificidad y permiten fácilmente distinguir entre animales vacunados y naturalmente infectados.

La manipulación genética de vías metabólicas de los microorganismos hace posible convertir eficientemente forrajes pobres en productos de gran valor como amino ácidos, proteínas y químicos especiales.

Biotechnología Vegetal

Con las técnicas de la biotecnología moderna, es posible producir - más rápidamente que antes - nuevas variedades de plantas con características mejoradas (ej. mayor producción, tolerancia a condiciones adversas, resistencia a herbicidas específicos y a enfermedades), que puedan ser propagadas con mayor éxito. Aún ciertas plantas sexualmente incompatibles pueden ahora ser hibridadas, y el potencial de nuevas variedades es inmenso. Problemas de enfermedades y control de malezas ahora pueden ser tratados genéticamente en vez de con químicos. Aunque falta realizar mucha investigación, y a muchas de las aplicaciones les falta un largo camino para poder implementarse, el potencial de ventajas y desventajas puede ser en general identificado.

En la base de las nuevas biotecnologías desarrolladas están las técnicas de aislamiento de células, tejidos y órganos de plantas y el crecimiento de estos bajo condiciones controladas (*in vitro*). Existe un rango considerable de técnicas disponibles que varían ampliamente en sofisticación y en el tiempo necesario para producir resultados útiles.

El desarrollo más crucial para la biotecnología fue el descubrimiento de que una secuencia de DNA (gen) insertado en una bacteria induce la producción de la proteína adecuada. Esto amplió las posibilidades de la recombinación y la transferencia de genes, con implicaciones a largo

plazo para la agricultura a través de la manipulación genética de microorganismos, plantas y animales.

Las técnicas de DNA incluyen el aislamiento, amplificación, modificación y recombinación de DNA; la ingeniería genética para obtener Organismos Genéticamente Modificados (OGM); uso de marcadores y sondas para el mapeo de genes y en estructura y funcionalidad del genoma; y la identificación clara de genotipos a través de la secuenciación de DNA.

Las técnicas de DNA recombinante son utilizadas para la producción de individuos transgénicos, e incluyen aislamiento, clonación, recombinación y inserción de material genético por varios métodos. Variedades transgénicas en cultivos alimenticios han sido liberadas con genes incorporados para resistencia a herbicidas, insectos o virus.

Aunque los métodos de diagnóstico no se basan exclusivamente en productos de la biotecnología (anticuerpos monoclonales, antígenos recombinantes) hay muchas aplicaciones agrícolas importantes para la identificación de patógenos de plantas y animales, con implicaciones económicas en el monitoreo y control de plagas. La posibilidad de la estandarización y el control de calidad será crítica en la armonización y estandarización de los ensayos de diagnóstico sobre una base global, con implicaciones importantes para el intercambio de organismos vivos

La aplicación exitosa de la transferencia de genes y de la ingeniería genética requiere la identificación del gen o grupo de genes que controla caracteres económicamente ventajosos y su aislamiento. Este procedimiento requiere éxito en muchas áreas: clonación de genes y secuenciación, desarrollo de vectores de genes adecuados para células vegetales, transferencia exitosa de los genes, expresión de genes, estabilidad genética y transmisión de genes a través de la subsecuente reproducción sexual. Aunque las herramientas de la ingeniería genética están disponibles, se requiere más conocimiento de la biología molecular de plantas. La obtención de cultivos mejorados a través de la ingeniería genética es el resultado de un esfuerzo de grupo que incluye por lo menos un biólogo celular y molecular, especialistas en cultivo de tejidos vegetales y mejoradores.

Algunos de los productos de estas técnicas son la producción masiva y el comercio global, la rápida introducción de nuevas variedades, la producción de material libre de enfermedades, propagación durante todo el año, incremento de la uniformidad vegetal, almacenamiento de germoplasma, multiplicación de plantas con dificultad de propagar, resistencia a herbicidas, enfermedades y detección y eliminación y control de malezas y plagas.

Biotecnología ambiental

La biotecnología ambiental se refiere a la aplicación de los procesos biológicos modernos para la protección y restauración de la calidad del ambiente.

La biorremediación es el uso de sistemas biológicos para la reducción de la polución del aire o de los sistemas acuáticos y terrestres. Los sistemas biológicos utilizados son microorganismos y plantas. La biodegradación con microorganismos es la opción más frecuentemente usada. Los microorganismos pueden degradar la mayoría de compuestos para suplir sus necesidades energéticas y de crecimiento. Estos procesos de biodegradación pueden o no necesitar aire. En algunos casos, las vías metabólicas que los organismos normalmente utilizan para crecer y obtener la energía pueden también ser utilizados para degradar moléculas de contaminantes. En esos casos, conocidos como cometabolismo, los microorganismos no se benefician directamente. Los investigadores han tomado ventaja de éste fenómeno y lo utilizan para fines de biorremediación. La biodegradación completa lleva a una detoxificación de los minerales contaminantes a dióxido de carbono, agua y sales inorgánicas inocuas. La degradación incompleta producirá el rompimiento de productos que pueden o no ser menos tóxicos que los contaminantes originales. La degradación incompleta de tri o tetracloroetileno, por ejemplo, puede producir vinilcloruro, el cual es más tóxico y más carcinogénico que los compuestos originales.

Algunas aplicaciones de la biorremediación son tratamientos de aguas domésticas e industriales, aguas procesadas y de consumo humano, aire y gases de desecho, suelos y tratamientos de suelos y desechos sólidos.

Progresivamente más compañías industriales se encuentran desarrollando procesos en el área de prevención, con el fin de reducir el impacto ambiental como repuesta al llamado internacional para el desarrollo de una sociedad sostenible. Hay una tendencia prevalente hacia productos y procesos menos perjudiciales. La biotecnología es ventajosamente adecuada para contribuir con este propósito.

Muchos procesos industriales han sido transformados en procesos ambientalmente más amigables mediante el uso de enzimas. Las enzimas son catalizadores biológicos altamente eficientes con numerosas ventajas sobre los catalizadores no biológicos. Son no tóxicos y biodegradables, trabajan mejor a temperaturas moderadas y en condiciones no extremas, y tienen menores efectos laterales que los métodos tradicionales debido a su alta especificidad. Los métodos de producción que utilizan enzimas son generalmente no solo más limpios y seguros comparados con otros métodos sino más económicos en el consumo de energía y recursos. Nuevas técnicas y enfoques para el diseño de proteínas y modelos moleculares están facilitando a los investigadores el desarrollo de nuevas enzimas activas a altas temperaturas, en sólidos y solventes no acuosos. La biotecnología asimismo puede ayudar a producir nuevos productos que tengan menos impacto en el ambiente que sus predecesores.

Para la detección y el monitoreo de contaminantes existe actualmente un amplio rango de métodos biológicos. Medidas a largo plazo incluyen el cálculo del número de especies vegetales, animales y microorganismos, cálculo del número de individuos en esas especies o el análisis de los niveles de oxígeno, metano y otros compuestos en el agua. Mas recientemente métodos de detección biológica usando biosensores e inmunoanálisis han sido desarrollados y comercializados.

Los biosensores microbianos son microorganismos que producen una reacción al contacto con la sustancia que percibe. Usualmente estos producen luz la cual cesa al entrar en contacto con sustancias que son tóxicas para ellos. Se utilizan a la vez microorganismos que naturalmente emiten luz y microorganismos desarrollados especialmente.

La mayoría de los biosensores son una combinación de recursos electrónicos y biológicos - a menudo construidos con un microchip. El componente biológico puede ser una simple enzima o un anticuerpo, o aún una colonia de bacterias, una membrana, un receptor neural o un organismo completo. Al estar inmovilizado en un sustrato, sus propiedades cambian en respuesta al ambiente en forma tal que es detectable electrónica u ópticamente. Es por lo tanto posible realizar medidas cuantitativas de contaminantes con alta precisión y alta sensibilidad.

Los inmunoensayos usan anticuerpos marcados (complejo proteínico producido en respuesta a un agente específico) y enzimas para medir los niveles de polución. Si un contaminante está presente, el anticuerpo se une a él; el marcaje lo hace detectable ya sea a través de un cambio de color, fluorescencia o radiactividad. Se han desarrollado inmunoensayos de varios tipos para el monitoreo continuo y automatizado de plaguicidas como dieldrin y parathion. La naturaleza de estas técnicas, cuyos resultados pueden ser tan simples como un cambio de color las hacen particularmente adecuadas para evaluaciones de campo de alta sensibilidad donde el tiempo y la cantidad de equipo necesario por métodos tradicionales es poco práctico. Su uso, sin embargo, está limitado a contaminantes que pueden producir anticuerpos biológicos.

La capacidad de algunas bacterias acidofílicas de oxidar sulfatos minerales proporciona la forma de liberar metales de menas (mineral metalífero), concentrados o material de desecho. Esa tecnología generalmente se llama lixiviación de minerales por bacterias, biominería o

biohidrometalurgia. El proceso contrario - la bioabsorción o precipitación de metales - puede denominarse biorremediación. El impacto de la biominería está restringido a combinaciones particulares y circunstancias. Sin embargo existen procesos comerciales exitosos en los que se utilizan bacterias en el procesamiento de minerales. Estos son básicamente de tres tipos: El primero, procesos de vertederos o lixiviación en pilas, en los cuales la actividad bacteriana causa la liberación de los metales, principalmente cobre y uranio, en el agua ácida percolada. Segundo, hay bajo tierra o *in situ* lixiviación de uranio, siendo esta operación en su mayoría bajo tierra, ha reducido ampliamente los daños al ambiente que estaban asociados normalmente con las minas de uranio y a disminuido la deposición en la superficie. Tercero, los bioreactores pueden ser usados para procesos de concentrados de alto valor (producción de oro).

En términos generales la biotecnología puede ser utilizada para la evaluación de estado de los ecosistemas, transformar contaminantes en sustancias no tóxicas, generar materiales biodegradables a partir de recursos renovables y desarrollar procesos de manufactura y manejo de desechos ambientalmente seguros. Los investigadores están explorando propuestas biotecnológicas para la solución de problemas en muchas áreas del manejo ambiental y asegurar la calidad tales como la restauración ecológica, detección de contaminantes, monitoreo, remediación, evaluación de toxicidad y conversión de basuras en energía.

Organismos modificados genéticamente y productos

Todos los organismos están formados de células que contienen DNA. La estructura de las moléculas de DNA, cuyas unidades son llamadas genes, contiene información que es utilizada por las células como una "receta" para el organismo. Esto quiere decir, que las características de cualquier ser vivo están determinadas por la información en el DNA.

En los últimos veinte años, los científicos descubrieron que el DNA es intercambiable entre plantas, animales, bacterias y otros organismos. Adicionalmente a la utilización de los métodos tradicionales de mejoramiento de plantas y animales, a través de la fertilización cruzada y la selección, los científicos pueden transferir en algunos casos, los genes que determinan muchos caracteres deseables de una planta o animal a otro organismo. La transferencia de DNA se realiza por varios métodos como la inyección directa de DNA en las células, el disparo de células con partículas cubiertas de DNA con una arma especial (biolística) y la inserción de DNA en bacterias o virus especialmente modificados, que llevan este a las células infectadas.

Sin importar que método se utilice, el proceso de transferir DNA de un organismo a otro es llamado ingeniería genética. Casi cualquier carácter deseable que se encuentre en la naturaleza, puede en principio, ser transferido a un organismo seleccionado. Una planta o un animal modificado por ingeniería genética, que contiene DNA de una fuente externa, es llamado organismo transgénico.

Un producto de ingeniería genética es aquel que es desarrollado modificando su DNA en cualquier forma. El número de productos modificados genéticamente se incrementa rápidamente. La ingeniería genética esta siendo utilizada en la producción de fármacos, terapia génica y en el desarrollo de plantas y animales transgénicos.

Desde 1987 se han desarrollado y evaluado en el campo plantas transgénicas que pueden tolerar herbicidas, insectos o virus, o producir frutos modificados o flores. Copias de genes de estos caracteres provenientes de plantas, bacterias o virus han sido transferidos a las plantas por medio de técnicas de ingeniería genética. Plantas de maíz que producen una proteína insecticida que proporciona resistencia al barrenador europeo del maíz y tomates que pueden mantenerse maduros por mas tiempo en el estante antes de ser transportados son algunos ejemplos de plantas transgénicas desarrolladas.

Se han diseñado animales transgénicos con el fin de ayudar al diagnóstico y tratamiento de enfermedades humanas. Algunas compañías han diseñado y evaluado mamíferos transgénico

que producen fármacos importantes en la leche animal. Productos como la insulina, la hormona de crecimiento, y el activador de plasminógeno, que son producidos normalmente por fermentación en bacterias transgénicas, muy pronto serán obtenidos en la leche de vacas, ovejas o cabras transgénicas.

Medicinas para la salud humana tales como la insulina para la diabetes, las hormonas de crecimiento para individuos con enanismo pituitario y el activador de plasminógeno para víctimas de ataques al corazón, así como drogas animales como la somatropina, hormona de crecimiento bovina o porcina, son producidas por fermentación en bacterias transgénicas que han recibido el gen humano, vacuno o porcino adecuado.

La terapia génica es un nuevo tratamiento experimental. En la terapia génica, un gen que se ha perdido o que no está funcionando en forma correcta es reemplazado por el gen correcto. El primer tratamiento exitoso en terapia génica fue en 1990, en donde se trató una enfermedad del sistema inmune de niños llamada deficiencia de ADA. Células sanguíneas con los genes correctos de ADA fueron inyectadas al cuerpo del paciente donde produjeron suficientes células normales que permitieron mejorar el sistema inmune. Hoy, la terapia génica esta tratando enfermedades tales como tumores cerebrales malignos, fibrosis quística y HIV.

5. Recursos filogenéticos

RECURSOS FILOGENÉTICOS

Los recursos filogenéticos en general, representan el medio para la evolución natural y controlada de las especies vegetales, y constituyen la base imprescindible para la supervivencia y el bienestar de la humanidad; de ahí que es imperativo que todas las naciones deban conservar sus recursos filogenéticos si aspiran a abastecer de alimentos u de productos maderables a sus habitantes, con la finalidad de aumentar sus niveles de producción agrícola y forestal de manera sostenible y rentable, para hacer frente a los desafíos que plantean los constantes cambios del medio ambiente. El valor intrínseco de la biodiversidad está representado por la combinación de los factores ecológicos, científicos, y por el cultural de la humanidad.

Desde 1993, en que fue establecido el Banco Nacional de Germoplasma de Arroz del INIFAP a la fecha, esta unidad realiza actividades específicas de investigación sobre los recursos genéticos del arroz, la cual en forma ortodoxa se ajusta a los lineamientos internacionales sobre la materia, que incluye el acopio, caracterización, conservación, documentación, intercambio y distribución de germoplasma en este cereal. Actualmente este Banco se ha constituido en un importante y activo centro de constante apoyo a los programas de fitomejoramiento y de transferencia de tecnología que sobre este cereal realiza el INIFAP; y además, mediante acuerdos de intercambio y distribución de germoplasma con otros programas de investigación sobre arroz en otras partes del mundo, se estima que las funciones de esta unidad están cumpliendo con los objetivos y metas del Banco, que son las de coadyuvar en el presente a la generación de nuevos cultivares para mantener la agricultura arrocera de nuestro país, y al mismo tiempo para preservar estos recursos genéticos para satisfacer las necesidades y requerimientos de las futuras generaciones de México.