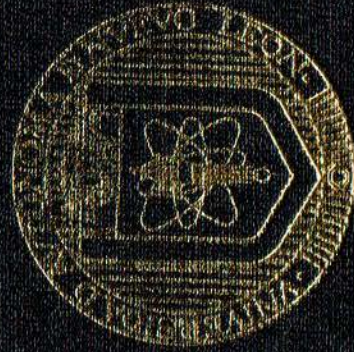


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA- EVALUACION DEL
ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE SORORTE
DEL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY,
NUEVO LEON, MEXICO"

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL EN OPCION A
LA OBTENCION DEL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN ECOLOGÍA

PRESENTA

MARIO ALBERTO DIAZ LOPEZ, BIOL. M.C.

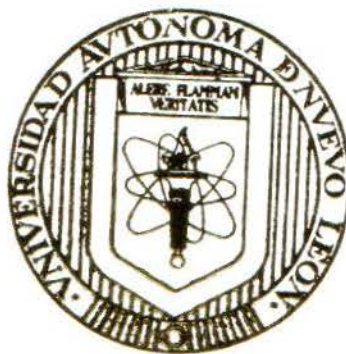
MONTERREY, N. L.

MARZO DE 2005



1020150539

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

"SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA: EVALUACION DEL
ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE
DEL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY,
NUEVO LEON, MEXICO"

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL EN OPCION A
LA OBTENCION DEL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN ECOLOGIA

PRESENTA

MARIO ALBERTO DIAZ LOPEZ, BIOL. M.C.

MONTERREY, N. L.

MARZO DE 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**“SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA: EVALUACIÓN DEL
ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE DEL
ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN,
MÉXICO”**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL EN OPCIÓN A LA
OBTENCIÓN DEL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN ECOLOGÍA**

PRESENTA

MARIO ALBERTO DÍAZ LÓPEZ, BIOL., M.C.

MONTERREY, N.L.

MARZO DE 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**“SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA: EVALUACIÓN DEL
ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE DEL
ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN,
MÉXICO”**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL EN OPCIÓN A LA
OBTENCIÓN DEL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS CON ESPECIALIDAD EN ECOLOGÍA**

PRESENTA

MARIO ALBERTO DÍAZ LÓPEZ, BIOL., M.C.

COMISIÓN DE TESIS

**DRA. LETICIA A. HÁUAD MARROQUÍN
DIRECTOR**

**DR. ROBERTO MERCADO
HERNÁNDEZ
SECRETARIO**

**DR. ARCADIO VALDÉZ GONZÁLEZ
VOCAL**

**DR. VÍCTOR A. ZÚNIGA GONZÁLEZ
VOCAL**

**DR. RAMÓN G. GUAJARDO QUIROGA
VOCAL (ASESOR EXTERNO)**

MONTERREY, N.L.

MARZO DE 2005

**“La Tierra brinda lo suficiente para satisfacer las
necesidades de todos, pero no la codicia de
todos”**

--Mahatma Gandhi—

DEDICATORIA

A Plutarco Díaz Palos (q.e.p.d.)

y

María Guadalupe López Bárcenas (q.e.p.d.)

Padres y Maestros de cada día.

A mis tesoros:

Juana López Zúñiga

y

Juan Alberto Díaz López

Con Amor.

A mis hermanos: Raúl, Graciela, Plutarco, Patricia, y Manuel:

Por su apoyo incondicional.

A mis familiares y amigos: con profundo aprecio.

A mis condiscípulos de la generación 76-81 de la F.C.B. (UANL).

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores: Leticia Amira Háuad Marroquín, Roberto Mercado Hernández, Arcadio Valdéz González, Ramón G. Guajardo Quiroga, y Víctor A. Zúñiga González, por su inestimable guía a lo largo del Programa Doctoral.

A los Doctores: María Julia Verde Star, Mario Morales Vallarta y Pedro César Cantú Martínez, por su importante participación en el seguimiento tutorial a lo largo de este trabajo.

A los Doctores: Jaime Leal Díaz, Abraham Velazco Téllez, Juan de Dios Sánchez Martínez, Salvador Contreras Balderas, Armando de Jesús Contreras Balderas, Ramón G. Guajardo Quiroga y Luis Béjar Fuentes por su inigualable participación en los aspectos metodológicos de este trabajo.

A los Ingenieros: Ricardo Salgado Gutiérrez, Julián de la Garza Castro, y David Gallegos Castro, por su desinteresada participación en la fase metodológica.

A los Biólogos Antonio Reyes Sifuentes y José Enrique Bañuelos Sánchez, así como a la Licenciada Norma Angélica Rangel Sevilla por participar activamente en la etapa de material y métodos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por apoyar nuestra participación en el Programa Doctoral en Ciencias Biológicas con especialidad en Ecología.

Al Lic. Francisco Reyna Garza, Administrador del Mercado de Abastos Estrella, por las facilidades otorgadas para la obtención de datos sobre el origen de los alimentos no procesados que se distribuyen desde el tercer mercado más importante del país, a los estados de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Durango y parte de Zacatecas.

A mis compañeros y amigos del Departamento de Ingeniería Química (Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Regiomontana), por su apoyo incondicional.



ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	4
El desarrollo	4
La semántica del desarrollo sustentable	5
Desarrollo sustentable: El concepto	6
Sustentabilidad	7
Principios de sustentabilidad	8
Clasificando la sustentabilidad	9
Sustentabilidad ecológica	9
Sistemas vitales de soporte	10
El capital natural	10
La ciudad sustentable	11
La ciudad ecológicamente sustentable	13
HIPÓTESIS	14
OBJETIVOS	15
MATERIAL Y MÉTODOS	16
RESULTADOS	24
DISCUSIÓN	38
CONCLUSIONES	39
RECOMENDACIONES	41
LITERATURA CITADA	42



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura	Título	Página
1	La semántica del desarrollo sustentable	5
2	Ubicación del área de estudio	16
3	Calidad del aire (Estación Sureste)	25
4	Calidad del aire (Estación Noreste)	26
5	Calidad del aire (Estación Centro)	26
6	Calidad del aire (Estación Noroeste)	27
7	Calidad del aire (Estación Suroeste)	27
8	Modelo conceptual de las interacciones existentes entre sistemas de soporte	31

Tabla	Título	Página
1	Agrupación de indicadores por sistema de soporte y escala	20
2	Matriz para calificar en base a juicio experto	22
3	Algoritmo para generar criterios de decisión y establecer nivel de interacción entre sistemas	23
4	Ubicación geográfica de los sistemas de soporte del AMM considerando las escalas Local, Regional y Nacional (al mes de octubre de 2001)	30
5	Sistema de soporte: Alimentos	32
6	Sistema de soporte: Materias Primas	32
7	Sistema de soporte: Energéticos	33
8	Sistema de soporte: Cuenca Atmosférica	33
9	Sistema de soporte: Cuenca Hidrológica	34
10	Sistema de soporte: Suelos	35
11	Distancia entre indicadores (grado de interacción entre sistemas de soporte)	36
12	Valores de alfa y porcentajes de sustentabilidad ecológica, dependencia y magnitud para cada sistema de soporte, con sus respectivos promedios	37



RESUMEN

Se reporta la evaluación de sustentabilidad ecológica de los sistemas que soportan al Área Metropolitana de Monterrey, N.L., México. Se estableció que dichos sistemas son: *Alimentos*, *Materias Primas*, *Energéticos*, *Cuenca Atmosférica*, *Cuenca Hidrológica*, y *Suelos*. Metodológicamente se empleó como herramienta el juicio experto de diez especialistas ambientales de la localidad a quienes se les envió una matriz con catorce indicadores y cuatro etiquetas lingüísticas por indicador; los datos generados se incluyeron en un algoritmo de números difusos cuyos resultados permitieron determinar los criterios de decisión en por ciento de: sustentabilidad ecológica, dependencia del área de estudio con respecto a ellos y magnitud de la presión ejercida por la población y las actividades productivas sobre dichos sistemas de soporte y establecer la complejidad de las interacciones entre todos y cada uno de dichos sistemas. Considerando a los sistemas en su conjunto, se determinó que ecológicamente hablando, el AMM es escasamente sustentable; que es medianamente dependiente de dichos sistemas y que es alta la magnitud de la presión que ejerce sobre los sistemas que la soportan.



ABSTRACT

The evaluation of ecological sustainability of the systems that support the Monterrey, N.L., Mexico Metropolitan Area (MMA) is reported. We established that such systems are: Food, Raw Materials, Energetics, Airshed, Watershed, and Soils. It was used like a methodological tool the expert judge of 10 local environmental experts, to whose it was sent a matrix with 14 indicators and 4 linguistic labels for each indicator; the data generated were included in a fuzzy numbers algorithm and their results were useful to establish the decision criteria in percentage of: ecological sustainability, dependence of the study area with respect to them, and the magnitude of the population pressure and the productive activities over such support systems, and establish the complexity of the interactions between all and each of the systems. Considering the whole systems, it was settled up in ecological terms that the MMA is sparsely sustainable, that is fairly dependent and that is a high magnitude of pressure that exerts on the support systems.



INTRODUCCIÓN

Los estudios tendientes a hacer operativos los aspectos ecológicos del desarrollo sustentable, se han enfrentado a la dificultad inherente a la vaguedad conceptual de este último, además, y esto ya en el terreno práctico, al hecho de que los ecosistemas, pese a ser los más intervenidos por el Hombre, son los menos estudiados e integrados a los procesos de planeación del desarrollo, que privilegian el crecimiento económico y a veces el bienestar social. Las políticas oficiales en este sentido parten del supuesto de que los sistemas de soporte de las ciudades son sustentables *per se*, por lo que se carece de la información que permita evaluar y valorar el capital natural con el que cuenta una sociedad que aspira a desarrollarse de manera consistente.

La conservación, recuperación y uso sustentable de los ecosistemas, como generadores de recursos naturales renovables y no renovables, sin depender si son utilizados en zonas rurales o urbanas, representa un área de oportunidad de desarrollo para la ecología —que como disciplina biológica, se nutre de la interacción con otras disciplinas científicas— para trascender aportando las soluciones requeridas para enfrentar la problemática ambiental, tanto a nivel local como global, ya que se sabe bien que del estado de conservación y manejo de los ecosistemas (sistemas de soporte) depende, de manera directa, el bienestar social y económico de quienes los aprovechamos, lo que se traduce, a través del tiempo, en ascenso o descenso en la calidad de vida de las generaciones presentes, y como herencia tangible para las venideras.



ANTECEDENTES

El Desarrollo

Tiene como premisa, según la Declaración sobre el Derecho al Desarrollo de las Naciones Unidas (1986), que todos tenemos derecho a disfrutar de un nivel de vida adecuado, desde el punto de vista del bienestar y salud, que incluya alimentación, vestido, vivienda, atención médica, incluyendo los servicios sociales necesarios y el derecho de voto democrático (Lawrence, 1997).

Dourojeanni (1999) establece que en Latinoamérica, el desarrollo sigue dos modelos básicos:

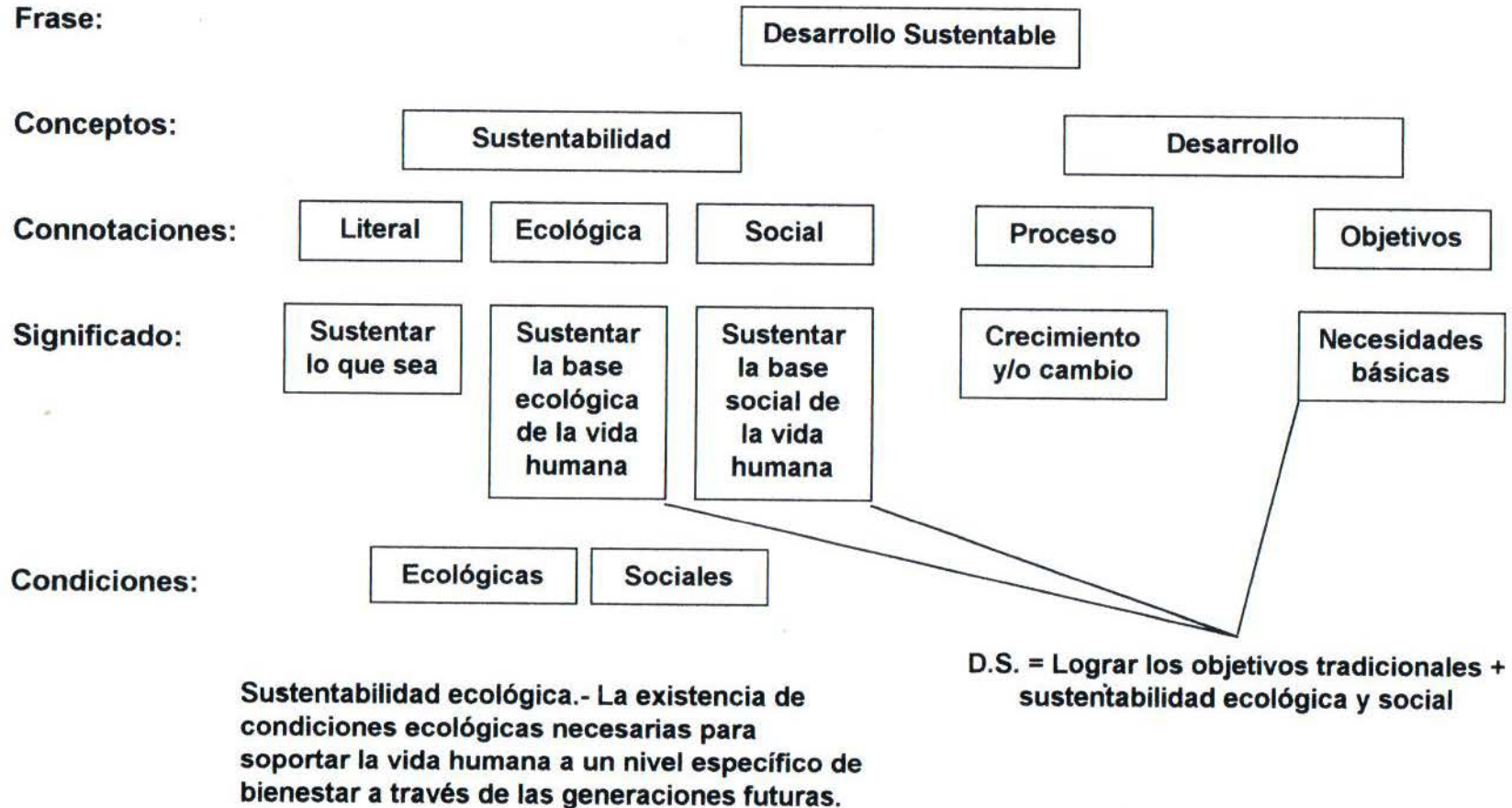
1.- Endógeno.- Dicho modelo evolucionó a partir de un conocimiento del ambiente, producto de siglos de interacción entre éste y comunidades con cierto grado de aislamiento. El modelo puede catalogarse como "autocontenido", por su escasa relación con modelos externos, en teoría más modernos. Tiene como característica que es respaldado por la población ya que considera que debe perpetuarse y consolidarse para el desarrollo sustentable, y que si se prolonga en el tiempo, logrará desarrollarse sostenidamente. Cabe destacar que este modelo cuenta con las siguientes áreas de oportunidad: baja calidad de vida, que se traduce en mortalidad infantil, desnutrición, acceso restringido a servicios sociales, baja escolaridad; y estancamiento económico, que motiva que las personas -voluntaria u obligadamente- abandonen sus comunidades, recurriendo para ello a las zonas que importan sustentabilidad ambiental, es decir, las grandes urbes. Los esfuerzos para resolver esta problemática, a cualquier nivel, han encontrado poco eco entre las comunidades, ya que los proyectos "piloto" han fracasado hasta ahora por falta de evaluación y por su escaso efecto multiplicador.

2.- Exógeno.- Es abierto, tiende a la globalización y se caracteriza por que su economía es extractiva y consumista. La sustentabilidad ambiental lograda por los extractores, se refleja más en el destino que en el origen de los recursos, es decir, que regiones como las capitales "importan sustentabilidad ambiental" a costa de otros lugares. Las políticas públicas han privilegiado las grandes inversiones privadas para la explotación de los recursos naturales, beneficiando a unos cuantos en detrimento de la calidad de vida del grueso de la población.

Pese a todo, los modelos son potencialmente complementarios, ya que los recursos naturales carecerían de valor de mercado o no podrían explotarse sin la inversión de capital, o si no se hubiera investigado y descubierto su utilidad con la consecuente apertura de mercados incluso internacionales para dichos productos (Dourojeanni, 1999).



Figura No. 1 La semántica del desarrollo sustentable (Lélé, 1991)





Desarrollo Sustentable: el concepto

La Cumbre de la Tierra de 1992, en Río de Janeiro, Brasil, se constituyó en la principal plataforma de difusión del concepto de desarrollo sustentable, es decir, "aquél que satisface las necesidades de las generaciones presentes en forma igualitaria, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Diesendorf, 1999; CEPAL, 2000); esto desencadenó toda una serie de definiciones en versiones institucional, ideológica y académica, cuyo factor común es el consenso de que el mundo está padeciendo una crisis ambiental que implica un cambio de conciencia y de estrategias para confrontarla y superarla (Mebratu, 1998). Una de las definiciones más significativas es la del Consejo Internacional de Iniciativas Locales (Rueda, 1999) que lo define textualmente como "aquél que ofrece servicios ambientales, sociales y económicos básicos a todos los miembros de una comunidad sin poner en peligro la viabilidad de los entornos naturales, construidos y sociales, de los que depende el ofrecimiento de estos servicios".

Fernández (2000) considera que el desarrollo sustentable resulta de la combinación, entre otros, de los siguientes factores:

- 1.- Crecimiento económico, valuado en términos de dinero.
- 2.- Equidad, medida con parámetros sociales.
- 3.- Uso sustentable de los recursos naturales, evaluado por parámetros biogeofísicos.

El equilibrio entre estos factores desencadena una gestión de conflictos entre metas económicas, sociales y ambientales (Dourojeanni, 1999).



En la actualidad, la sociedad está de tal manera organizada, que sus estrategias de gestión se estructuran en primer lugar para lograr metas de tipo económico, en segundo, y esto en ocasiones, las de orden social, pero raramente las que involucran el manejo de los recursos naturales (Dourojeanni, 1999). Gillari (2000) considera que la esencia del desarrollo sustentable, desde el punto de vista económico, implica que los recursos naturales deben ser explotados para obtener el máximo valor agregado, pero con la condición de que se disponga, como dice Enkerlin y Cano y colaboradores (1997) de los "intereses" sin afectar el "capital". Schmidheiny (1992) y Herman Daly (citado por Meadows, Meadows & Randers, 1993 y por Evia, 2000) destacan que, si una sociedad aspira a ser sustentable, la tasa de empleo de los recursos no deberá superar la de regeneración de los mismos; la velocidad de utilización de los recursos no renovables tampoco excederá a la que se desarrollan los sustitutos; y la tasa de emisión de contaminantes no deberá rebasar la capacidad de asimilación del ambiente.

Dourojeanni (1999) expresa su preocupación en el sentido de que las variables ambientales son de las que ofrecen mayores vacíos de información, si se les quiere integrar en un sistema de toma de decisiones, que considera variables tanto controlables como incontrolables, además de que los acontecimientos poseen la frecuente cualidad de ser imprevisibles. Aunado a lo anterior, está el hecho de que en los países pobres, las estrategias de largo plazo para el desarrollo sustentable, enfrentan una realidad diferente a la de las naciones ricas, puesto que en los primeros se padece un severo deterioro del ambiente, que como ya se dijo, ofrece bienes y servicios básicos que facilitan la transición hacia el desarrollo sustentable y sostenible (Fernández, 2000; Rueda, 2000; Díaz, 2004).

Debe aclararse que lo que es sustentable para un país, periodo de tiempo, y etapa de desarrollo, no necesariamente lo es para otra nación, por lo que cada país debe generar su propuesta de acuerdo a su propia realidad y circunstancias (Krober, 1992, según Lawrence, 1997; Fernández y Guzmán, 2001).

Yurjevic (1996) considera que una sociedad es sustentable cuando "la generación presente entrega a las generaciones futuras una cantidad igual o mayor de oportunidades que las que ella recibió".

Sustentabilidad

Lawrence (1997) la define como la satisfacción de las necesidades (ecológicas, sociales y económicas) y aspiraciones de la especie humana (y de otras especies) de modo que:



- El futuro no esté comprometido por el presente (dimensión temporal).
- Las áreas geográficas no están comprometidas por otras (dimensión espacial).
- Se satisfacen las necesidades y aspiraciones humanas dentro de límites biológicos y manteniendo y mejorando el capital natural.
- Se realiza un esfuerzo proactivo para mantener y mejorar lo sustentable, y eliminar lo insustentable.
- Se reconoce que la sustentabilidad es un concepto dinámico, que tomará formas diversas y podrá, en parte, derivarse de, y ajustarse a, factores contextuales y
- Se consideran objetivos de toma de decisiones, normativo/éticos, sociopolíticos, instrumentos e interdependencias.

Principios de sustentabilidad

Según Lawrence (1997), la sustentabilidad:

1. Se aproxima a los problemas desde una perspectiva de sustentabilidad de sistemas; define metas y objetivos que la soportan mutuamente.
2. Garantiza que sean explícitos los valores y diferencias de valor, incluyendo el valor inherente del ambiente.
3. Es sensible a las consecuencias ecológicas y de riesgos a la salud, de las equivocaciones; lo que significa que la precaución prevalezca ante la incertidumbre científica, cuando exista seria amenaza de daño ambiental irreversible (el principio de precaución).
4. Asegura que los medios para lograr la sustentabilidad sean así mismos sustentables.
5. Responsabiliza a los que afectan adversamente al ambiente con las acciones de remediación, sufragando los costos de las mismas ("el que contamina paga").
6. Visualiza la administración ambiental global como responsabilidad compartida por todos.



Clasificando la sustentabilidad

Naredo (2000) clasifica la sustentabilidad en dos tipos; la primera, denominada "débil", que surge del marco conceptual de la economía; la sustentabilidad "fuerte", por su parte, se formula desde las economías de la física (termodinámica) y la naturaleza (ecología); consecuentemente, la sustentabilidad fuerte es la que puede responder al desafío que en la materia confrontan los asentamientos humanos, incluyendo en estos a las ciudades.

La sustentabilidad puede revisarse desde tres perspectivas (Sutton, 2000; Foladori y Tommasino, 2001):

- a) La ecológica.- donde se relaciona, de manera integral, el impacto ambiental de las actividades humanas.
- b) La social.- donde se le da un sesgo a la pobreza como causa exclusiva de insustentabilidad.
- c) La económica.- donde se da cuenta de la subsistencia, el mantenimiento y mejora del nivel de vida de las personas.

La sustentabilidad implica conservar, restaurar, mejorar y utilizar de manera responsable los sistemas ecológicos que soportan la vida, es decir, suelo, agua, clima, y biota (Gasson, 2002).

Sustentabilidad ecológica

Según Segschneider (2001), "la sustentabilidad puede definirse, en términos ecológicos, como un sistema de organización que usa el mínimo de los recursos disponibles por un mayor beneficio para el mantenimiento o crecimiento presente y futuro del sistema, mientras que al mismo tiempo no toma más recursos potencialmente renovables de la naturaleza y no sobrecarga la capacidad del ambiente para limpiar y renovarse a sí mismo por procesos igualmente naturales".

Implica el mantenimiento de los sistemas de soporte vitales, la preservación de la diversidad genética y el aprovechamiento sustentable de especies y recursos naturales (Holdren & Daily, 1995; Sutton, 2000).

Todas las definiciones están centradas en el concepto de equilibrio entre las entradas y las salidas. No debe haber más reducción que recarga (Tremmel, 2000).



Definición operativa (Tremmel, 2000):

1. En una sociedad sustentable, las sustancias nocivas contaminan el ambiente (suelo, aire y agua) sólo hasta cantidades que pueden descomponerse, debido a sus capacidades regenerativas con respecto a un periodo de tiempo.
2. Está garantizado que los recursos renovables no son explotados en mayor cantidad de lo que son capaces de renovarse por sí mismos. Las materias primas no renovables y los recursos energéticos deben usarse tan económicamente como sea posible por un precio justo.
3. Se garantiza que la variedad existente de flora y fauna así como de los ecosistemas no serán disminuidas por actividades humanas.

Sistemas vitales de soporte

La Encyclopedia of Life Support Systems (SVS) (2004) lo define como "cualquier sistema natural o creado por el Hombre que fomenta la biosfera de forma sustentable. El atributo fundamental de los SVS es que juntos proveen todas las necesidades requeridas para la prolongación de la vida. Dichas necesidades van más allá de los requerimientos biológicos. Por tanto, los SVS comprenden los sistemas ambientales naturales así como los sociales (auxiliares) requeridos para promover armonía, seguridad, nutrición, atención médica, modelos económicos, desarrollo de nueva tecnología, etc. Lo único común en todos los sistemas es que operan en sociedad con la conservación de los recursos naturales globales".

Odum (1997) por su parte, establece que un sistema vital de soporte es el término funcional para el ambiente, organismos, procesos (operaciones tales como producción de alimento, reciclaje de agua, asimilación de residuos, y purificación del aire, entre otras) y recursos interactuando para satisfacer las necesidades fisiológicas de la vida, es decir, alimento, nutrientes, aire y agua.

El capital natural


El capital natural considera la capacidad de los ecosistemas para asimilar contaminantes sin afectar con incremento de costos, y efectos de largo plazo sobre la salud humana; los recursos no renovables finitos, y los recursos renovables, a condición de que se evite la sobreexplotación del sistema natural del que dependen o del que se extraen.





Los ecosistemas representan al capital natural en forma de bienes (como madera, fibra, y alimento), y servicios vitales como regulación del clima, asimilación de residuos, regulación de disturbios, generación y preservación de suelos incluyendo la renovación de su fertilidad, entre otros, son críticos para el funcionamiento de los sistemas vitales de soporte del planeta, contribuyendo directa e indirectamente al bienestar humano, representando en parte el valor económico del mundo.


Consecuentemente el adecuado manejo de estos bienes y servicios será la diferencia entre desarrollarse o no de manera sustentable (Costanza, *et al.*, 1997; Daily, *et al.*, 1997; Daily, 1999).

Daily (1990), citado por Evia (2000) establece una serie de principios en materia de preservación de los recursos naturales:

 Principio de irreversibilidad cero.- implica reducir a su mínima expresión las intervenciones acumulativas y los efectos adversos irreversibles.

 Principio de la recolección sostenible.- la velocidad de extracción de los recursos debe igualar o ser inferior a su velocidad de regeneración.

 Principio de la emisión sostenible.- las tasas de emisión de residuos deben igualar la capacidad de asimilación de los ecosistemas donde se vierten dichos residuos.

 Principio de selección sostenible de tecnologías.- se deben privilegiar las que incrementen la productividad, siempre y cuando se asegure su preservación.

A pesar de nuestras mejores intenciones, no se puede soslayar que es evidente que nuestra generación está explotando los recursos tan aprisa, sirviendo a intereses de corto plazo, que difícilmente le podremos heredar bienestar a las generaciones por venir (CDMAALC, 1991).

Cabe destacar que la Ecological Society of America (2001) considera que "las elecciones que hagamos hoy sobre cómo usamos los recursos de suelo y agua, serán de enormes consecuencias sobre la sustentabilidad futura de los ecosistemas de la Tierra y de los servicios que proporcionan".

La ciudad sustentable

La ciudad requiere, para subsistir, del aporte de agua, alimento, energía y materias primas (Brown & Gardner *et al.*, 1998; Wackernagel y Rees, 2001).



Una ciudad sustentable es aquélla que ha logrado superar la etapa de centro de degradación de recursos, es decir, que no sólo atiende eficazmente las necesidades de sus habitantes, sino que minimiza la insustentabilidad que implica su dependencia de regiones de las que se abastece de recursos, lo que conlleva a la reducción de su área de influencia (CDMAALC, 1991; Schley y Laur, 1999; Sonderegger, 1999; Naredo, 2000; UNDP, 2000).

Cates y Luloffs (1999) establecen que la sustentabilidad de una ciudad se fundamenta en:

- a) *Una fuerte economía*, es decir, aquélla que fomenta alianzas estratégicas, que aumenta las habilidades de la fuerza laboral, que satisface las necesidades de infraestructura e información, y con una distribución basada en impuestos.
- b) *Un ambiente limpio*.- que implica la conservación de recursos, prevención y abatimiento de la contaminación; uso mixto; coordinación con sistema de transporte; creación de parques y reservas; crecimiento con límites; mayores densidades en determinadas áreas.
- c) *Equidad social*.- Basada en inversiones estratégicas en la fuerza laboral y oportunidades vistas como responsabilidad pública y privada; servicios integrados para familias y comunidades.
- d) *Compromiso*.- Vía participación pública fortalecida; autonomía local; cooperación interjurisdiccional, alianzas estratégicas.

Para la sustentabilidad de una ciudad es básico que sus habitantes cuenten con estilos de vida asimismo sustentables (Rees, 1997).

En una sociedad sustentable: se evita enriquecer a un grupo en tanto se empobrece a otro; no se degrada la biodiversidad y se incrementa la capacidad de respuesta al cambio, fomentando las alternativas que impliquen autosuficiencia con respecto a otras regiones (Gallopín, Gutman y Malleta, 1989, citados por Kras, 1994).

Según la Agenda 21 Local de Stocksbridge (1998), en una ciudad sustentable:

- Los recursos se emplean eficientemente y se minimizan los residuos mediante ciclos cerrados.
- La contaminación está limitada a niveles que los sistemas naturales pueden asimilar sin daño
- Las personas viven sin temor a la violencia.
- Todos tienen la oportunidad de obtener un trabajo satisfactorio, contribuyendo con esto a la economía.



- El acceso a bienes y servicios no se lleva a cabo a costas del ambiente.
- Todos tienen acceso a información y conocimiento calificado.
- Todos tienen acceso a buena alimentación, agua, abrigo y combustible a un costo razonable.
- Las necesidades locales se satisfacen localmente.
- Se valora y protege a la naturaleza.
- Existe la infraestructura para la recreación y el uso del tiempo libre.
- Se fomenta la salud de las personas.
- La comunidad ejerce sus derechos participando en la toma de decisiones.
- Se valora y protege la diversidad de ideas.

La transición a una sociedad sustentable demanda un estricto balance entre los objetivos de corto y largo alcance, haciendo hincapié en la equidad, la protección del ambiente y la eficiencia económica en el uso de los recursos (Meadows, Meadows, & Randers, 1993).

Se reconoce ampliamente que los tecno-ecosistemas, es decir, las ciudades, no limpian el aire o el agua, producen poco o nada del alimento que consumen, y sin embargo generan una diversidad de residuos que contaminan el ambiente, al ser utilizados como medio de disposición final, invirtiendo en absoluto en su conservación ya que se le considera un bien gratuito, es decir, sin valor de mercado. En términos ecológicos, los ecosistemas naturales y los tecno-ecosistemas operan bajo una relación hospedero-parásito (Odum, 1986; Odum, 2001, Rees, 2003).

La ciudad ecológicamente sustentable

Gasson (2002) la define como "aquella que satisface sus objetivos de desarrollo humano (presentes y futuros), sin crecer a partir de materia y energía más allá de las capacidades de regeneración y absorción de su entorno local, nacional e internacional.



HIPÓTESIS

General

El flujo de recursos naturales hacia el Área Metropolitana de Monterrey esta en condición riesgosa, debido al severo deterioro de los sistemas vitales de soporte (a nivel local) de los que obtiene bienes y servicios que le permiten seguir operando. El AMM es insustentable, en términos ecológicos, ya que depende totalmente de dicho flujo de bienes y servicios, contribuyendo al menos con el 30% de la presión ejercida sobre éstos sistemas.



OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el estado actual de uso y conservación de los sistemas que, a nivel local, soportan al Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México (AMM).

Objetivos Específicos

- Identificar los sistemas que sostienen al AMM.
- Ubicar localmente dichos sistemas de soporte.
- Evaluar su estado actual de uso y conservación (sustentabilidad ecológica).
- Determinar el grado de dependencia del AMM con respecto a dichos sistemas.
- Establecer la magnitud de la presión que ejerce el AMM sobre los mismos.

150539



MATERIALES Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

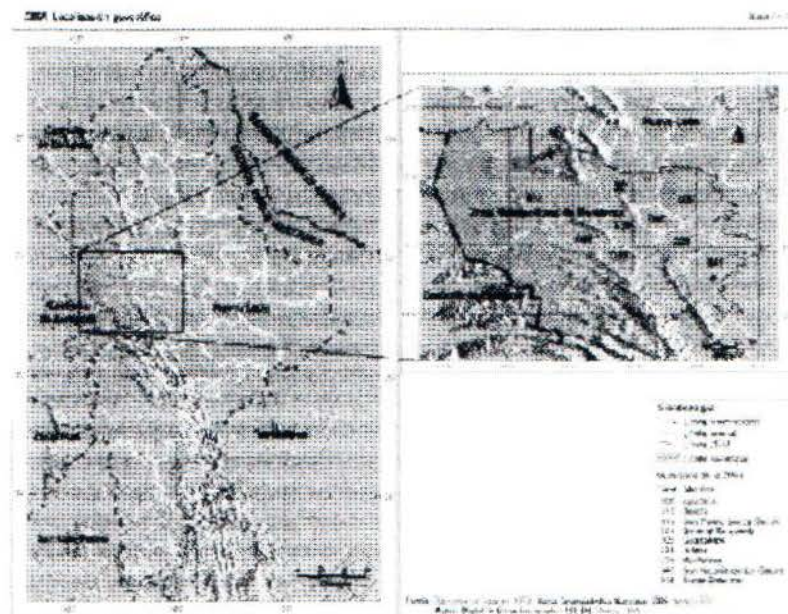


Figura No. 2 Ubicación del área de estudio

Límites.- El Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey (AMM) está constituida, según el Instituto de Estadística, Geografía e Informática (2002), por los municipios de Monterrey, Apodaca, General Escobedo, Guadalupe, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García, Santa Catarina y Ciudad Benito Juárez; se ubica en la porción centro oeste del estado de Nuevo León; colinda al norte con las cabeceras municipales de Salinas Victoria y Ciénega de Flores; al sur con el municipio de Santiago; al este con Cadereyta de Jiménez y Pesquería, y al oeste con la cabecera municipal de García.

Clima.- De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado para las condiciones del país por E. García en 1964 (SPP, 1981), en el AMM confluyen seis tipos diferentes de clima: **BS₀hw** al norte, sur y oeste, **BS₀(h')hx'y** y **BS₁(h')hw** en la parte norte; **BS₁hw**, y **(A)C(W₀)** en la porción sur; **(A)Cx'** al este. Como puede observarse, cerca del 60% del área es regida por climas secos y semisecos y el 40% por clima semicálidos.



Hidrología.- Superficialmente, los drenajes de importancia los encabezan los ríos de Santa Catarina, Pesquería y La Silla, pasando por los arroyos del Topo, El Obispo y La Talaverna. Cabe mencionar que debido a la urbanización se han perturbado los patrones de drenaje superficial, generando zonas con riesgo de inundación cada vez que llueve intensamente (SPP, 1986).

Geología.- Dado que la mayor parte de la extensión del AMM se ubica en la planicie, el material preponderante lo constituye el aluvión, sin embargo, hacia el oeste, y sureste aflora la caliza y la lutita, conformando la Sierra de "Las Mitras" y el Cerro del "Topo Chico" en el primer caso; en el segundo la Sierra Madre Oriental y la Sierra de "La Silla"; al sur de la ciudad aflora la lutita para formar la "Loma Larga"; finalmente, en la zona cercana a la Ave. Los Angeles, al noroeste de Monterrey, aflora el conglomerado (SPP, 1986).

Suelos.- En lo general, y de acuerdo al sistema de clasificación de suelos FAO/UNESCO, modificado por el INEGI, predominan los Feozems, pero le siguen en abundancia los Xerosoles + Vertisoles, Litosoles + Regosoles, Rendzinas + Vertisoles, y en menor proporción –limitados a los cauces de arroyos y ríos- los Fluvisoles + Feozems (SPP, 1986).

Población.- Según los resultados del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 (INEGI, 2001), residían en el AMM **3;243, 683 personas** (el 84.6% de la población del estado) distribuidas en la siguiente forma: 29% en Monterrey, 17.5% en Guadalupe, 13% en San Nicolás de los Garza, 7.4% en Apodaca, 5.9% en Santa Catarina, 6.1% en General Escobedo, 3.3% en San Pedro Garza García, 1.7% en Ciudad Benito Juárez, y 0.8% en García.

Infraestructura.- La ciudad y su Área Metropolitana cuentan con la mayoría de los servicios públicos, aunque cabe aclarar que su cobertura no incluye la totalidad de los municipios conurbados. La vialidad resulta ya insuficiente –en Monterrey- aunado al incremento en la cantidad de automotores impide el libre flujo del parque vehicular, lo que contribuye a incrementar la contaminación del aire y la frecuencia de accidentes (INEGI, 2001).

Actividades productivas.- En Monterrey y su Área Metropolitana predomina la industria de la transformación y maquiladora, y colateralmente a ellas las actividades comerciales y de servicios, sin faltar, aunque en menor escala, las agrícolas y ganaderas. Cabe destacar que por experiencias del pasado reciente, la ciudad ha sido vulnerable a las crisis económicas a causa de la falta de diversificación de sus actividades productivas, lo que ha acarreado desempleo y reducción del poder adquisitivo, entre otras consecuencias, que se han traducido en un descenso generalizado del nivel de vida de sus habitantes (INEGI, 2001).



ACTIVIDADES REALIZADAS

Se recopilaron datos que permitieron establecer, la ubicación geográfica a escala local (estado de Nuevo León), e inferir el estado actual de uso de cada sistema.

Los datos recabados fueron los siguientes:

1.- Origen de materias primas y alimentos no procesados que se abastecen al AMM. En el primer caso se solicitó por escrito -con posterior entrevista- a empresas representativas de los principales sectores productivos, es decir, alimenticio, del vidrio y el cemento, industria química inorgánica y siderúrgica. En el segundo caso se entrevistó al Administrador del Mercado de Abastos Estrella y de manera más directa, se realizó un recorrido por las bodegas, previa autorización, para cuestionar a los comerciantes sobre el asunto; de igual manera se gestionó información ante la Comisión Estatal de Sanidad Animal de Nuevo León, A.C.

2.- Calidad del aire en la cuenca atmosférica. Con los datos recabada por la red de monitoreo atmosférico operada por el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA-Subsecretaría de Ecología-SEDUOP-Gobierno del Estado de Nuevo León) se determinó no sólo la calidad del aire (PM_{10} , CO, O_3 , NO_x , SO_x), sino sus tendencias.

3.- Calidad y disponibilidad del agua (superficial y subterránea de la cuenca del Río San Juan). La información se recabó de fuentes como los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.; la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Centro de Investigación Avanzada de Houston (The Houston Advanced Research Center-HARC), y el Consejo Consultivo del Agua, A.C.

4.- Procedencia de los energéticos que requiere el AMM para su operación. Esta información se obtuvo de instancias oficiales -vía solicitud por escrito y/o entrevista- como Petróleos Mexicanos, Secretaría de Energía, y Comisión Federal de Electricidad.

5.- Suelos. En gabinete se analizaron los datos recopilados de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).



DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos anteriormente recabados, se seleccionaron catorce indicadores (ver Tabla No. 1) que se integraron en una matriz (ver Tabla No. 2) con cuatro etiquetas lingüísticas por indicador que fue utilizada como herramienta para que diez especialistas ambientales locales calificaran, de acuerdo a su experiencia y con ayuda de datos que se anexaron a dicha matriz, con 0 (cero) aquellas etiquetas que no reflejaran la problemática actual de cada indicador y sistema, y con 1 (uno) la que señalara lo contrario. Se consideraron como difusos los cuatro números generados (promedios) para cada indicador, posteriormente, se incluyeron en el algoritmo propuesto por Tran *et al.* (2002) para de este modo generar una tabla cruzada (ver Tabla No. 11 en Resultados) que permitió establecer no sólo el grado de interacción de cada sistema con respecto a los demás, sino los siguientes criterios de decisión:

- a) Para determinar el porcentaje de sustentabilidad ecológica de cada sistema de soporte se tomó en consideración el valor mayor de cada sistema, independientemente del indicador, para luego multiplicarlo por cien y obtener así el porcentaje antes referido.
- b) Para determinar el porcentaje de dependencia de las actividades productivas y la población hacia cada sistema se consideró el complemento del valor mayor de cada sistema., sin importar el indicador, para después multiplicarlo por cien y generar el valor antes mencionado.
- c) Para calcular el porcentaje de la magnitud de la presión ejercida por la población y las actividades productivas sobre cada sistema, se tomó en cuenta el complemento de la diferencia, en por ciento, del valor mayor y el menor.

CRITERIOS DE DECISIÓN

Se establecieron las etiquetas lingüísticas y los rangos (porcentajes), con la finalidad de facilitar la interpretación de los resultados y la generación de conclusiones.

Sustentabilidad Ecológica (%):

Altamente sustentable: de 76 a 100

Medianamente sustentable: de 51 a 75

Escasamente sustentable: de 25 a 50

Insustentable: de 0 a 24



Dependencia del AMM con respecto a los sistemas de soporte (%):

Total: de 76 a 100
Mediana: de 51 a 75
Escasa: de 25 a 50
Independiente: de 0 a 24

Magnitud de la presión ejercida sobre los sistemas por el área de estudio (%):

Muy Alta: de 76 a 100
Alta: de 51 a 75
Media: de 25 a 50
Baja: de 0 a 24

Para visualizar lo anterior remitirse a Tabla No. 12 en Resultados.

Tabla No. 1 Agrupación de indicadores por sistema de soporte y escala.

Grupo (Escala)	Subgrupo (Sistemas de Soporte)	Indicadores
Local (A)	A1 Alimentos	Disponibilidad, Procedencia (Escala).
	A2 Materias Primas	Disponibilidad, Procedencia (Escala).
	A3 Energéticos	Generación de Electricidad (capacidad instalada); Disponibilidad de Gas Natural (para generación de electricidad); Sustentabilidad del Combustible.
	A4 Cuenca Atmosférica	Calidad del Aire
	A5 Cuenca Hidrológica	Calidad del Agua (para abastecimiento); Disponibilidad de Agua Superficial; Disponibilidad de Agua Subterránea.
	A6 Suelos	Productividad; Erosión, Uso de Agroquímicos.



Tabla No. 2 Matriz para calificar en base a juicio experto.

Sistema de Soporte	Indicador	Etiquetas Lingüísticas			
		Autosuficiente	Comprometida	Insuficiente	Nula
Alimentos	Disponibilidad	Local	Regional	Nacional	Internacional
	Procedencia (Escala)	Autosuficiente	Comprometida	Insuficiente	Nula
Materias Primas	Disponibilidad	Local	Regional	Nacional	Internacional
	Procedencia (Escala)	Sobrada	Suficiente	Insuficiente	Nula
Energéticos	Generación de electricidad*	Autosuficiente	Comprometida	Insuficiente	Nula
	Disponibilidad de gas natural**	Total	Mediana	Baja	Nula
	Sustentabilidad del combustible	Buena	Regular	Mala	Muy Mala
Cuenca Atmosférica	Calidad del aire				



Cuenca Hidrológica	Calidad del agua	Muy Buena	Buena	Regular	Mala
	Disponibilidad ***	Autosuficiente	Comprometida	Insuficiente	Nula
	Disponibilidad @	Autosuficiente	Comprometida	Insuficiente	Nula
Suelos	Productividad	Alta	Media	Baja	Muy Baja
	Erosión	Alta	Media	Baja	Muy Baja
	Uso de Agroquímicos	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

- Capacidad instalada/ ** Para generación/ *** Superficial/ @ Subterránea



Tabla No. 3 Algoritmo para generar criterios de decisión y establecer nivel de interacción entre sistemas (Tran, *et al.*, 2002).

Table A-1. Distans functions for some commonly used fuzzy numbers

Fuzzy numbers	$f(\alpha)$	$D_f^2(A, B, \beta)$
Trapezoidal fuzzy numbers $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)_T$ $B = (b_1, b_2, b_3, b_4)_T$	α	$\begin{aligned} & \left(\frac{a_2 + a_3}{2} - \frac{b_2 + b_3}{2} \right)^2 + \frac{1}{9} \left(\frac{a_2 + a_3}{2} - \frac{b_2 + b_3}{2} \right) [(a_4 - a_3) - (a_2 - a_1) \\ & - (b_4 - b_3) + (b_2 - b_1)] + \frac{2}{9} \left(\frac{a_3 - a_2}{2} \right)^2 + \frac{1}{9} \left(\frac{a_3 - a_2}{2} \right) [(a_4 - a_3) \\ & + (a_2 - a_1)] + \frac{2}{9} \left(\frac{b_3 - b_2}{2} \right)^2 + \frac{1}{9} \left(\frac{b_3 - b_2}{2} \right) [(b_4 - b_3) + (b_2 - b_1)] \\ & + \frac{1}{18} [(a_4 - a_3)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_4 - b_3)^2 + (b_2 - b_1)^2] \\ & - \frac{1}{18} [(a_2 - a_1)(a_4 - a_3) + (b_2 - b_1)(b_4 - b_3)] + \frac{1}{12} [(a_4 - a_3)(b_2 - b_1) \\ & + (a_2 - a_1)(b_4 - b_3) - (a_4 - a_3)(b_4 - b_3) - (a_2 - a_1)(b_2 - b_1)] \quad (A.7) \end{aligned}$
	1	$\begin{aligned} & \left(\frac{a_2 + a_3}{2} - \frac{b_2 + b_3}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{a_2 + a_3}{2} - \frac{b_2 + b_3}{2} \right) [(a_4 - a_3) - (a_2 - a_1) \\ & - (b_4 - b_3) + (b_2 - b_1)] + \frac{1}{6} \left(\frac{a_3 - a_2}{2} \right)^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{a_3 - a_2}{2} \right) [(a_4 - a_3) \\ & + (a_2 - a_1)] + \frac{1}{6} \left(\frac{b_3 - b_2}{2} \right)^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{b_3 - b_2}{2} \right) [(b_4 - b_3) \\ & + (b_2 - b_1)] + \frac{1}{9} [(a_4 - a_3)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_4 - b_3)^2 \\ & + (b_2 - b_1)^2] - \frac{1}{9} [(a_2 - a_1)(a_4 - a_3) + (b_2 - b_1)(b_4 - b_3)] \\ & + \frac{1}{6} [(a_4 - a_3)(b_2 - b_1) + (a_2 - a_1)(b_4 - b_3) - (a_4 - a_3)(b_4 - b_3) \\ & - (a_2 - a_1)(b_2 - b_1)] \quad (A.8) \end{aligned}$



RESULTADOS

Para propósitos de este trabajo se determinó que los sistemas que soportan al AMM son: **Alimentos, Materias Primas, Energéticos, Cuenca Atmosférica, Cuenca Hidrológica y Suelos.**

Los datos recabados relativos al estado que guarda cada sistema que soporta al AMM son los siguientes:

Alimentos y materias primas

La producción de alimentos y la extracción de materias primas sufre hoy en día una severa dependencia del exterior que, en el caso de los primeros, se manifiesta en el hecho de que entre el 70 y el 80% de los alimentos consumidos en el país son de importación, lo que refleja una reducida producción agropecuario-pesquera, producto del deterioro generalizado de los sistemas que soportan dichas actividades, lo que se traduce en que el 75% de la población rural no cubre las necesidades nutricionales mínimas. Por otra parte, cabe destacar que Nuevo León se encuentra en la lista de los estados que han incrementado su inseguridad alimentaria, lo que a nivel local deberá motivar a que se tomen las medidas conducentes a fin de evitar, que en un futuro no lejano, se presenten problemas de desabasto. Esta situación se manifiesta en el plano económico, puesto que a nivel nacional se han acrecentado las importaciones agroalimentarias en un promedio anual de 10% en la última década, lo que significa que, de continuar esta tendencia, se gastarían más de 25 mil millones de dólares en los primeros diez años del siglo XXI. A nivel local los municipios involucrados en la producción de alimentos no procesados son: Allende, Apodaca, Cadereyta, Galeana, general Escobedo, General Terán, Ciudad Guadalupe, Montemorelos, Pesquería y Santiago. La producción de bovinos, por su parte, enfrenta dos situaciones adversas: por un lado la baja productividad y deterioro del recurso y por otro los altos costos y la competencia desleal vía importaciones sin control, por lo que hasta el mes de noviembre del 2001, el 60% de la carne de res que se consumía en el estado se importaba, lo que provocó la quiebra de entre 75 y 130 empresas.

La problemática de las materias primas es, en esencia, la misma que aqueja a los alimentos, es decir, existe dependencia del exterior, producto de un mundo globalizado, que sin embargo, ha generado en el país una grave crisis ecológica en las zonas rurales, producto de un deficiente manejo de los recursos naturales, cuyo pronóstico implica un efecto multiplicador, que finalmente alcanzará a las ciudades.



Suministro de energéticos

Siendo los energéticos recursos naturales no renovables, adquieren el estatus de prioritarios para la seguridad nacional al verse comprometidos en un proceso por todos conocido, es decir, la posible apertura del sector a la inversión privada, nacional y extranjera. Sin embargo la problemática se centra aquí no sólo en lo finito de sus reservas, sino en el impacto ambiental generado por su exploración, producción, y generación (caso de la energía eléctrica). La capacidad instalada en el AMM al 2002 es de 2077.4 MW; la capacidad instalada en la región Noreste al 2002 es del orden de 7540 MW; la demanda máxima del AMM al 2001 es de 2627 MW.

Cuenca atmosférica

La calidad del aire de la cuenca atmosférica del AMM no se considera crítica, aunque oficialmente se le cataloga como "no satisfactoria"; sin embargo, existen condiciones que pueden agravarla en el corto plazo, tales como el incremento en el parque vehicular de automotores regularizados, la proliferación de zonas desprovistas de vegetación, la oportunidad de que las autoridades apoyen a los industriales en la prevención y control de sus emisiones, la falta de fluidez en la vialidad, y a los antecedentes de que la velocidad de los vientos dominantes señala que existe una insuficiente dispersión de la contaminación del aire.

Los datos del Sistema Integral de Monitoreo Atmosférico de 1993 a 2001 se muestran, para cada estación, en las figuras 3 a 7:

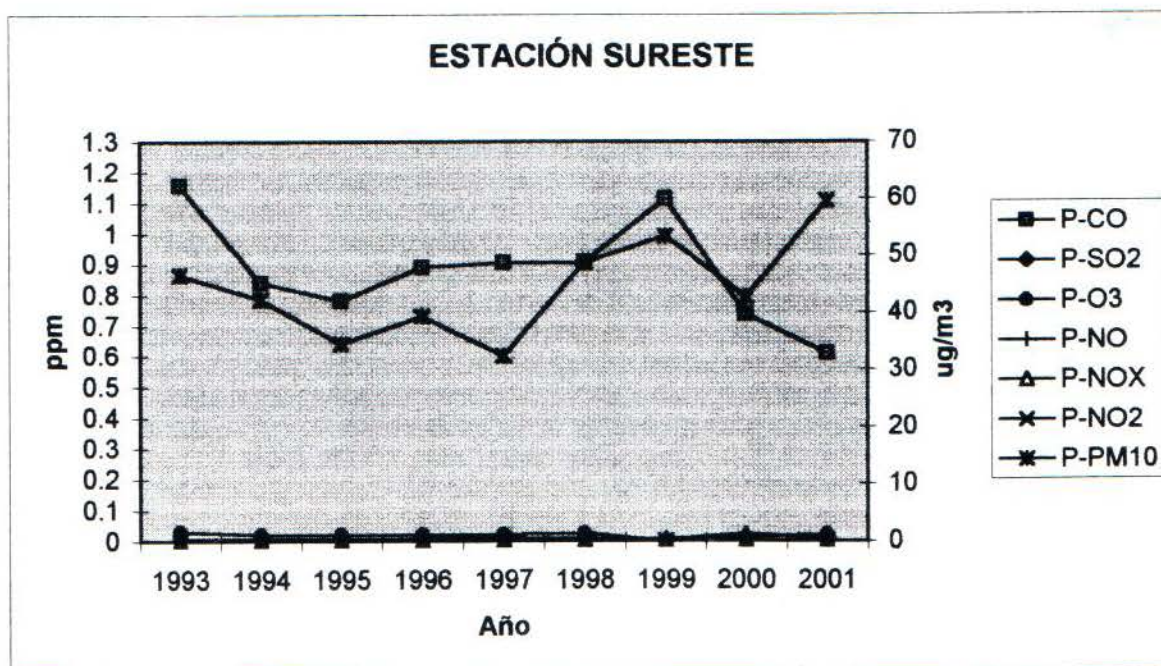


Figura No. 3 Calidad del aire (Estación Sureste)

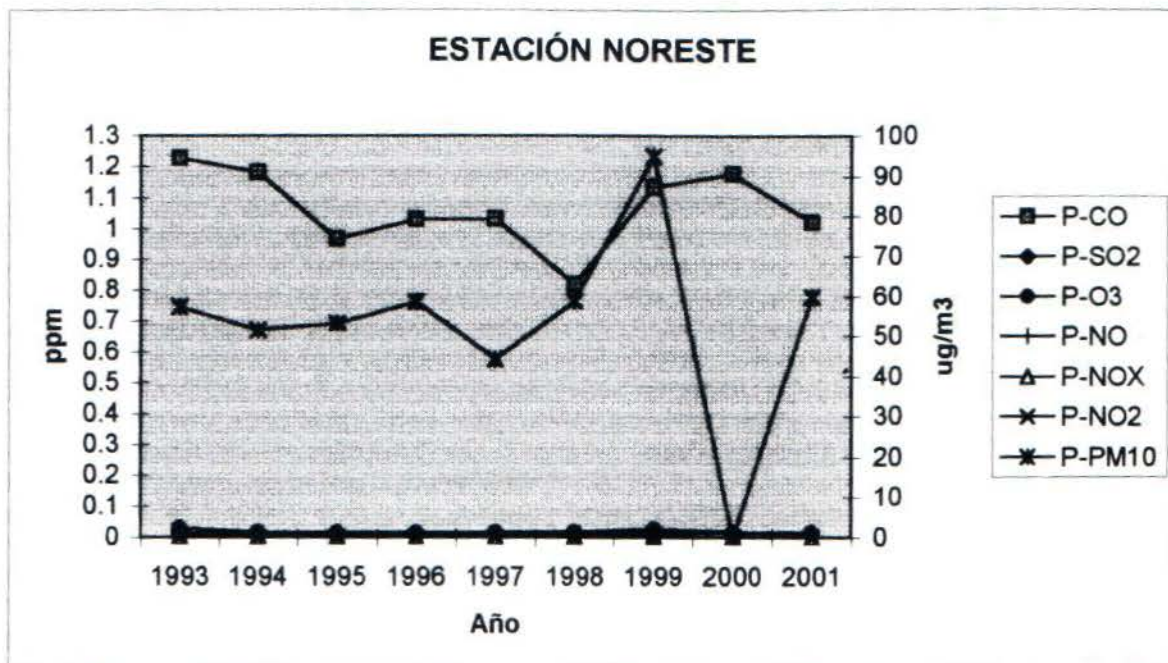


Figura No. 4 Calidad del aire (Estación Noreste)

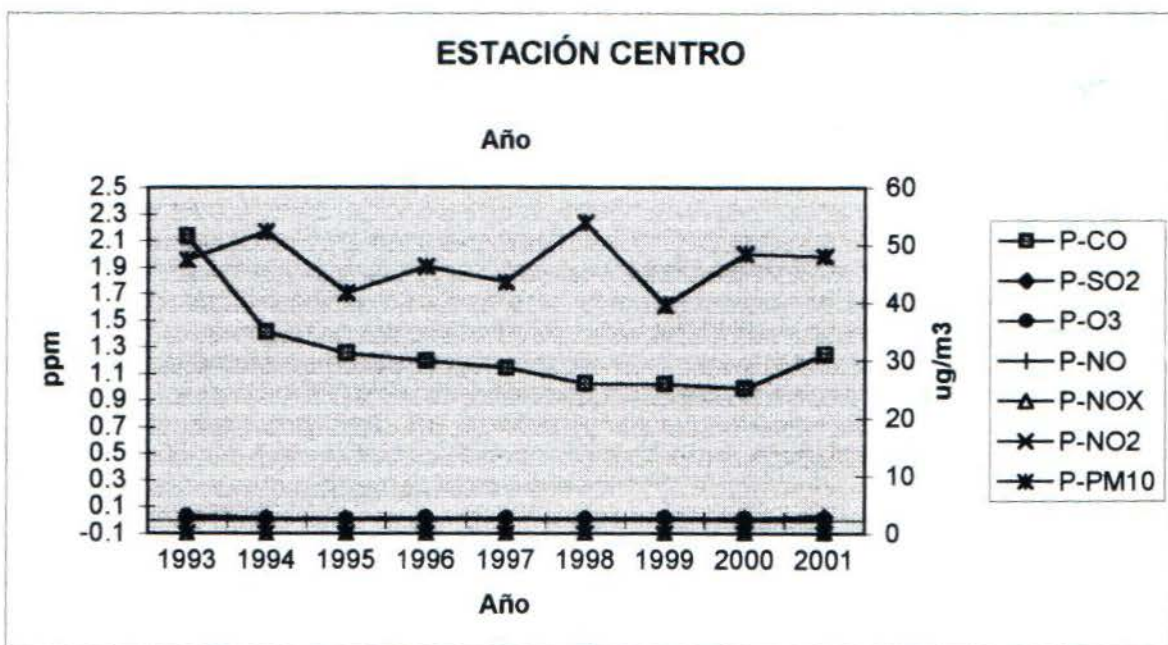


Figura No. 5 Calidad del aire (Estación Centro)

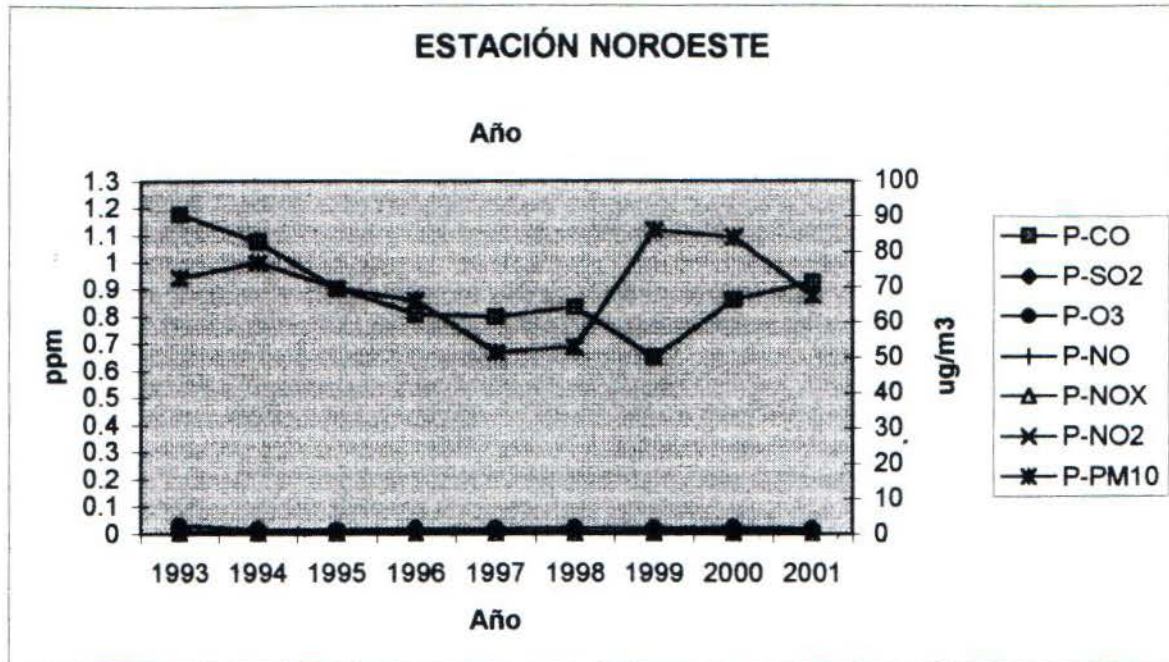


Figura No. 6 Calidad del aire (Estación Noroeste)

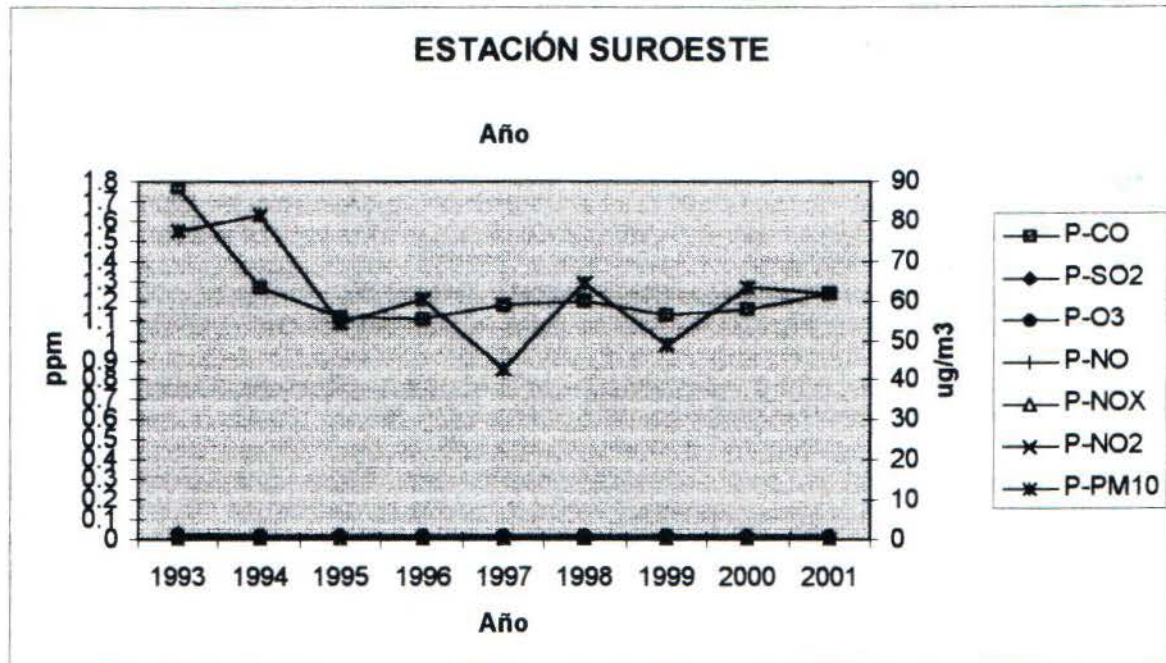


Figura No. 7 Calidad del aire (Estación Suroeste)



Cuenca hidrológica

Para ciudades como Monterrey, con escasez crónica de agua, el manejo sustentable del recurso es de vital importancia, de tal suerte que puede ser la diferencia entre progreso o retroceso.

La Región Hidrológica IV Río Bravo-San Juan, cuenta con las siguientes áreas de oportunidad:

a) Escasez natural del recurso.- Según estimaciones para el año de 1999, le correspondían a cada habitante tantos como 1,316 m³/año. La Comisión Nacional del Agua (CNA) pronostica que esta situación se agravará principalmente en los polos de crecimiento importantes, entre ellos la ciudad de Monterrey y su Área Metropolitana. Leal Díaz (comunicación personal) considera a este respecto que la problemática se agudizará a causa de la demanda creciente de agua (0.3 a 0.5 m³ al año) y a la variabilidad de la precipitación pluvial por lo que es menester que la planeación del crecimiento del AMM se fundamente en sus características hidrológicas particulares.

b) Uso ineficiente del agua.- El sector agrícola emplea, el 82.7% del volumen total para uso consuntivo con una eficiencia media del orden del 34%.

c) Agua no contabilizada.- A diciembre de 1999, el 39.2% del agua que se abastecía al AMM se desperdició por fugas en la red, consecuentemente, no llegó al consumidor, generando a su vez pérdidas en los ingresos del organismo operador, es decir, los Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.

d) Contaminación.- Se ha detectado contaminación producto de descargas de aguas residuales tanto de origen industrial como doméstico en los cauces de los ríos Pesquería y San Juan.

e) Sobreexplotación de acuíferos.- La CNA clasifica como sobreexplotados a los acuíferos "Buenos Aires" y "Mina".

Por otra parte, la demanda creciente del recurso ha provocado la competencia entre el AMM y el Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan, situación que actualmente es materia de orden jurídico y que sin embargo, tiene hoy en día, fuertes repercusiones tanto sociales como económicas en ambos frentes.



Según la Comisión Nacional del Agua (2003) no existe disponibilidad tanto de agua superficial como subterránea, para nuevos aprovechamientos, en la cuenca del río San Juan, sin embargo, debe mencionarse que el escenario descrito es puntual, ya que los sistemas están sometidos a fluctuaciones espacio-temporales que se reflejan en condiciones favorables o desfavorables para la generación de bienes y la prestación de servicios ambientales vitales para la existencia, en este caso, de la ciudad.

Suelos

El suelo, como sistema abierto es de vital importancia, ya que representa el principio y fin de las cadenas de alimentos terrestres, con los consecuentes bienes y servicios otorgados, tales como el sostenimiento de las actividades agroforestales-pecuarias y servir como sumidero de una gran variedad de contaminantes, desactivándolos con mayor eficiencia que los demás sectores del ambiente, es decir, el agua y el aire.

La degradación del suelo es consecuencia principalmente de las actividades humanas, que lo han sobreexplotado, acelerando los procesos erosivos principalmente hídricos (afectando al 57.8% de los suelos nacionales), por lo que la superficie afectada por todos los procesos erosivos en conjunto, es del orden de 1 959,248 km² (64%), sin embargo, se considera que cerca del 80% de los suelos del país están erosionados en una u otra forma, producto del uso inadecuado de los mismos. A nivel local, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1991) destaca que los suelos someros y profundos padecen de erosión severa, sin embargo también aclara que existen áreas sin erosión severa reportada. La producción agrícola es de muy baja a baja, y el uso de agroquímicos es de muy bajo a medio.



Tabla No. 4 Ubicación geográfica de los sistemas de soporte del AMM considerando las escalas Local, Regional y Nacional (al mes de octubre de 2001).

Estado	Sistema de Soporte *	Ubicación Geográfica
Nuevo León	A., M.P., E., C.A., C.H., S.	Monterrey, San Nicolás de los Garza, Apodaca, García, Sta. Catarina, Pesquería, San Juan (Cadereyta Jiménez), Montemorelos, Galeana, Sabinas Hidalgo, Mina, Lampazos, <i>Cuenca de Burgos</i> .
Tamaulipas	A., E., C.H., S.	Tampico, Altamira, Soto La Marina, San Fernando, Aldama, González, <i>Cuenca de Burgos</i> .
Coahuila	A., M.P., E., C.H., S.	Higueras, Saltillo, Comarca Lagunera, Agujita, Nava, <i>Cuenca de Burgos</i> .
Chihuahua	A., M.P., S.	La Paz, Meoqui, Ciudad Jiménez, Ciudad Cuauhtémoc.
Sonora	M.P., S.	Ciudad Obregón.
Baja California	A., S.	Camalú., Ensenada.
Durango	M.P., S.	El Salto.
Sinaloa	A., M.P., S.	Mazatlán, Rosario, Los Mochis.
Jalisco	M.P., S.	Pihuamo.
Colima	A., M.P., S.	Tecomán.
Michoacán	A., S.	Uruapan.
Guanajuato	A., S.	Celaya, San Miguel de Allende, Cortázar.
Tabasco	A., S.	Teapa.
Campeche	E.	Ciudad del Carmen.

* A = Alimentos; M.P. = Materias Primas; E = Energéticos; C.A. = Cuenca Atmosférica; C.H. = Cuenca Hidrológica; S = Suelos.

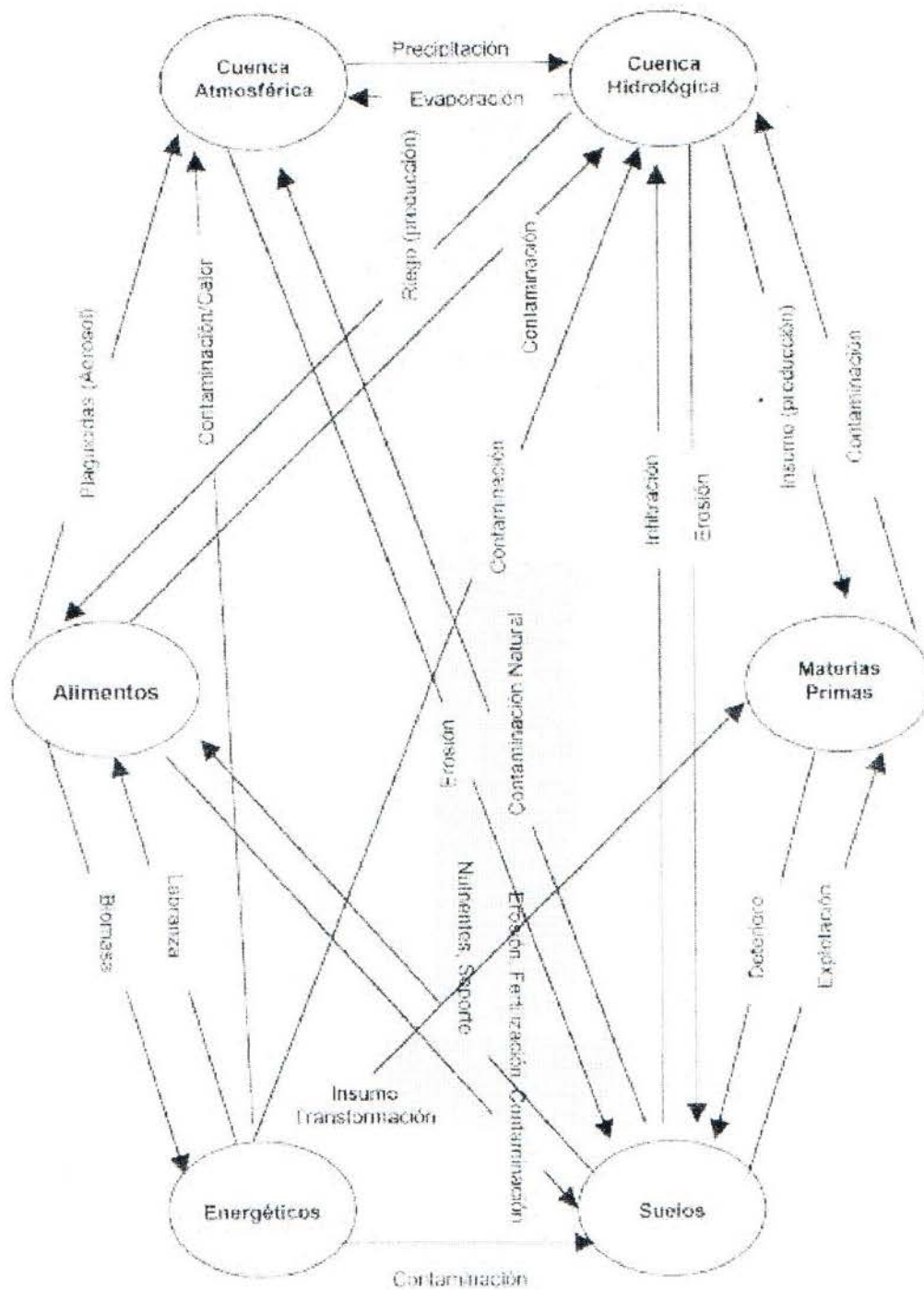


Figura No. 8 Modelo conceptual de las interacciones existentes entre sistemas de soporte



Sustentabilidad Ecológica: Evaluación del Estado Actual de los Sistemas de Soporte del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México
TESIS DOCTORAL
Mario Alberto Díaz López

Concentrado de calificaciones de cada experto (E1-E10) por sistema e indicador, con sus respectivos promedios.

Tabla No. 5 Sistema de Soporte: Alimentos

I-E.L./E.A.		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	Promedio
Disponibilidad	Autosuficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Comprometida	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.3000
	Insuficiente	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0.7000
	Nula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
Procedencia (Escala)	Local	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Regional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Nacional	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.9000
	Internacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1000

I-E.L. Indicador-Etiqueta Lingüística; E.A. Experto Ambiental

Tabla No. 6 Sistema de Soporte: Materias Primas

I-E.L./E.A.		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	Promedio
Disponibilidad	Autosuficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Comprometida	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0.3000
	Insuficiente	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0.7000
	Nula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
Procedencia (Escala)	Local	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Regional	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.1000
	Nacional	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0.6000
	Internacional	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0.3000



Tabla No. 7 Sistema de Soporte: Energéticos

I-E.L./E.A.		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	Promedio
Generación de Electricidad (capacidad Instalada)	Sobrada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Suficiente	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0.4000
	Insuficiente	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0.4000
	Nula	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0.2000
Disponibilidad de gas natural (para generación)	Autosuficiente	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.1000
	Comprometida	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0.5000
	Insuficiente	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0.3000
	Nula	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.1000
Sustentabilidad del combustible	Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Mediana	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0.4000
	Baja	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0.5000
	Nula	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.1000

Tabla No. 8 Sistema de Soporte: Cuenca Atmosférica

I-E.L./E.A.		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	Promedio
Calidad del aire	Buena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Regular	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0.6000
	Mala	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.3000
	Muy Mala	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.1000



Tabla No. 9 Sistema de Soporte: Cuenca Hidrológica

I-E.L./E.A.		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	Promedio
Calidad del agua (para abastecimiento)	Muy Buena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Buena	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0.4000
	Regular	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0.6000
	Mala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
Disponibilidad (agua superficial)	Autosuficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Comprometida	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0.4000
	Insuficiente	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0.5000
	Nula	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.1000
Disponibilidad (agua subterránea)	Autosuficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Comprometida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1000
	Insuficiente	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0.8000
	Nula	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.1000



Tabla No. 10 Sistema de Soporte: Suelos

I-E.L./E.A.		E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	Promedio
Productividad	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
	Media	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1000
	Baja	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8000
	Muy Baja	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1000
Erosión	Alta	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0.7000
	Media	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.2000
	Baja	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.1000
	Muy Baja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
Uso de agro- químicos	Alto	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0.3000
	Medio	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0.3000
	Bajo	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.4000
	Muy Bajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000



Tabla No. 11 Distancia entre indicadores (grado de interacción entre sistemas de soporte)

		A		MP		E			CA	CH			S		
		D1	P1	D2	P2	GE	DG	SC	CAI	CAG	DASU	DASB	PROD	E	UAQ
A	D1		0.2580	0.2066	0.1308	0.1238	0.1283	0.1558	0.1647	0.1916	0.1558	0.2175	0.2175	0.0041	0.0958
	P1			0.2580	0.1972	0.1852	0.1897	0.2122	0.2211	0.2430	0.2122	0.2738	0.2738	0.0905	0.1622
MP	D2				0.1308	0.1238	0.1283	0.1558	0.1647	0.1916	0.1558	0.2175	0.2175	0.0041	0.0958
	P2					0.0780	0.0825	0.0950	0.1038	0.1158	0.0950	0.1566	0.1566	0.0333	0.0650
E	GE						0.0655	0.0830	0.0919	0.1088	0.0830	0.1447	0.1447	-0.0086	0.0430
	DG							0.0875	0.0963	0.1133	0.0875	0.1491	0.1491	-0.0041	0.0475
	SC								0.1188	0.1408	0.1100	0.1716	0.1716	-0.0116	0.0600
CA	CAI									0.1497	0.1188	0.1805	0.1805	-0.0027	0.0688
CH	CAG										0.1408	0.2025	0.2025	-0.0108	0.0808
	DASU											0.1716	0.1716	-0.0116	0.0600
	DASB												0.2333	0.0500	0.1216
S	PROD													0.0500	0.1216
	E														-0.0016
	UAQ														

D1.- Disponibilidad
 P1.- Procedencia

D2.- Disponibilidad
 P2.- Procedencia

GE.- Generación de Electricidad (capacidad instalada)
 DG.- Disponibilidad de Gas Natural (para generación)
 SC.- Sustentabilidad del combustible

CAI.- Calidad del Aire

CAG.- Calidad del Agua (para abastecimiento)
 DASU.- Disponibilidad de Agua Superficial
 DASB.- Disponibilidad de Agua Subterránea

PROD.- Productividad
 E.- Erosión
 UAQ.- Uso de Agroquímicos



Tabla No. 12 Valores de alfa y porcentajes de sustentabilidad ecológica, dependencia y magnitud para cada sistema de soporte, con sus respectivos promedios.

Sistema	Valores de α			Sustentabilidad Ecológica (%)	Dependencia (%)	Magnitud (%)
	Mayor	Menor	Diferencia			
Alimentos	0.2738	0.0041	0.2697	27.38	72.62	73.03
Materias Primas	0.2580	0.0041	0.2539	25.80	74.20	74.61
Energéticos	0.2122	-0.0116	0.2238	21.22	78.78	77.62
Cuenca Atmosférica	0.2211	-0.0027	0.2238	22.11	77.89	77.62
Cuenca Hidrológica	0.2738	-0.0116	0.2854	27.38	72.62	71.46
Suelos	0.2738	-0.0116	0.2854	27.38	72.62	71.46
Promedios	0.2521	-0.0048	0.2570	25.21	74.79	74.3



DISCUSIÓN

Los sistemas de soporte identificados en este estudio, es decir, Alimentos, Materias Primas, Energéticos, Cuenca Atmosférica, Cuenca Hidrológica, y Suelos, coinciden en parte con los señalados por Odum (1997) (alimento, nutrientes, aire y agua) lo que puede explicarse por el hecho de que en este trabajo se pretendió incluir a la sociedad y el rol que desempeña sobre su entorno; del mismo modo con lo expresado por Brown y Gardner et al. (1998), Wackernagel y Rees (2001) puesto que una ciudad requiere para subsistir de agua, alimento, energía y materias primas.

Debe mencionarse que en cuanto a la revisión de la literatura, destaca la aparente ausencia de trabajos similares al presente, circunstancia que impidió comparar los resultados ya descritos.



CONCLUSIONES

En base a lo anteriormente expuesto y de acuerdo a los criterios de decisión generados a partir de la metodología adaptada y los resultados obtenidos, puede concluirse, en el contexto de este trabajo, lo siguiente:

- 1.- El Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México, considerando el estado actual que guardan sus sistemas de soporte es, en términos ecológicos, **escasamente sustentable**, sin embargo, debe destacarse que se encuentra a 1.21 puntos porcentuales del límite superior de la categoría de **insustentable**.
- 2.- El área de estudio es **medianamente dependiente** de dichos sistemas, aunque en este trabajo resalta el que se encuentra a 1.21 puntos porcentuales del límite inferior de **dependencia total**.
- 3.- La magnitud de la presión que ejerce la población y las actividades productivas sobre dichos sistemas es **alta**, aunque se ubica a 1.7 puntos porcentuales del límite inferior de la categoría **muy alta**.
- 4.- El sistema de soporte **Alimentos** es **escasamente sustentable**. El AMM es **medianamente dependiente** de este; y **alta** la magnitud de la presión que la segunda ejerce sobre el primero.
- 5.- El sistema **Materias Primas**, por su parte, también es **escasamente sustentable**. El área de estudio es **medianamente dependiente** del mismo; y la magnitud de la presión sobre este se considera **alta**.
- 6.- En cuanto al sistema de soporte **Energéticos**, tiene el estatus de **insustentable**. El AMM es **totalmente dependiente** de este; y la magnitud de la presión sobre el mismo es **muy alta**.
- 7.- El sistema **Cuenca Atmosférica**, es **insustentable**. El AMM es **totalmente dependiente** del mismo; y es **muy alta** la magnitud de la presión sobre dicho sistema.
- 8.- Con respecto al sistema **Cuenca Hidrológica**, este tiene la categoría de **escasamente sustentable**. El área de estudio es **medianamente dependiente** del mismo; y la magnitud de la presión ejercida sobre él se considera **alta**.



Sustentabilidad Ecológica: Evaluación del Estado Actual de los Sistemas de Soporte del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México

TESIS DOCTORAL

Mario Alberto Díaz López

9.- En lo relativo al sistema **Suelos**, se determina que es **escasamente sustentable**. El AMM depende **medianamente** de él; y es **alta** la magnitud de la presión ejercida sobre el mismo.

10.- Los sistemas de soporte **Suelos**, **Cuenca Hidrológica**, y **Energéticos** interactúan mayoritariamente con los demás, seguidos por los sistemas **Alimentos** y **Materias Primas**, y en último lugar el sistema **Cuenca Atmosférica**.



RECOMENDACIONES

- 1.- Que las autoridades tanto municipales como estatales integren la información generada en este trabajo para propósitos de Planeación del Desarrollo, incluyendo programas de educación ambiental, puesto que al menos se contaría con una primera aproximación al diagnóstico del estatus actual desde el punto de vista ecológico, sin excluir a la sociedad, de los sistemas que soportan y permiten la existencia de un conglomerado urbano como lo es el Área Metropolitana de Monterrey, N.L., México.
- 2.- Investigar con mayor profundidad, monitoreando el estado que guardan los sistemas que soportan al **AMM**, considerando para esto no sólo la escala Local, sino Regional, Nacional, e incluso Internacional.
- 3.- Aplicar la metodología a otras ciudades y comparar los resultados con los aquí obtenidos.
- 4.- Investigar los traslapes que es de esperar que ocurran cuando varias ciudades dependen de los mismos sistemas de soporte, destacando la que tenga mayor dependencia y ejerza más presión sobre dichos sistemas.
- 5.- Conformar grupos de investigación inter y multidisciplinarios de las áreas ecológico-socioeconómicas que permitan generar el conocimiento integrado y aplicado a la urbe en cuestión que luego forme parte primordial de planes y programas tendientes al **aprovechamiento con conservación** de los bienes y servicios ambientales que proporcionan los sistemas antes mencionados.



LITERATURA CITADA

Brown, L.R., Gardner, G., & Halweil, B. 1998, Beyond Malthus: Sixteen dimensions of the population problem, *World Watch* paper 143, September.

Cairns Jr., J. 1999, Ecosystem services: an essential component of sustainable use, *Environ. Health Perspect.*, vol. 103, no.6, June.

Cates Barnett, C., Luloffs, F. *Sustainable cities*, Research Triangle Institute, Available at: <http://www.rti.org/cid/scsummary.cfm>

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe-ONU) 2000, *Equidad, desarrollo y ciudadanía –versión definitiva*, agosto. Available at: <http://www.eclac.cl/publicaciones/SecretariaEjecutiva/1/lcg2071/lcg2071.pdf>

Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y El Caribe-Banco Interamericano de Desarrollo-Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo 1991, *Nuestra propia agenda sobre desarrollo y medio ambiente*, Segunda Edición, Fondo de Cultura Económica, México.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M. 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, vol. 387, no. 6230, pp. 253-260.

Daily, G.C., Alexander, S., Ehrlich, P.R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P.A., Mooney, H.A., Postel, S., Schneider, S.H., Tilman, D., Woodwell, G.M. 1997, Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems, *Issues in Ecology*, no.2, Spring, pp. 1-16.

Daily, G. C. 1999, Developing a scientific basis for managing earth's life support systems, *Conservation Ecology*, vol. 3, no. 2, p. 14.

Díaz López, M. A. 2004, Desarrollo sustentable: Pasado, presente y futuro, *Ingenierías*, vol. VII, no. 25, pp. 17-23.

Diesendorf, M. 1999, Models of sustainability and sustainable development, *International Journal of Agricultural Resources; Governance and Ecology*, march.

Dourojeanni, A. 1999, La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/R.1925, pp. 1-26.



Ecological Society of America 2001, *Ecosystem services, Fact Sheet*, Available at: <http://esa.sdsc.edu/ecosysvcs.htm>

Encyclopedia of life support systems 2004
Available at: http://www.eolss.net/eolss_definition.aspx

Enkerlin, E.C., Cano Cano, J., y Vogel E. (eds) 1997, Desarrollo sostenible: ¿el paradigma idóneo de la humanidad? en *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*, International Thomson Editores, México.

Evia, G. 2000, Un ejercicio de aplicación de indicadores de sustentabilidad de diferentes alternativas productivas en los humedales de la laguna Merin, *Temas Clave*, No. 12, Mayo.

Fernández, G., Guzmán Ramos, A. 2001, Las ciudades del Tercer Mundo y el desarrollo sustentable, *Banco de Textos sobre Desarrollo Sustentável*, Available at: <http://www.bsi.com.br/~unilivre/centro/textos/Forum/ciudter.htm>

Fernández, L. 2000, Desarrollo y sustentabilidad, *Ambiente Ecológico*, Available at: <http://www.ambiente-ecológico.com/revist37/lferna37.htm>

Foladori, G., Tommasino, H. 2001, Controversias sobre sustentabilidad, *Banco de Textos sobre Desarrollo Sustentável*, Available at: <http://www.bsi.com.br/~unilivre/centro/textos/Forum/controver.htm>

Gasson, B. 2002, "Towards ecologically sustainable cities: a conceptual framework and a case study", paper presented at the IERM's 40th Bi-Annual Congress: "Green Cities, Sustainable Cities", Midrand, 18-21 November.

Gillari, A. N. 2000, *Desarrollo sustentable...¿equidad o injusticia?*, Available at: <http://www.ambiente-ecologico.com/revist54/main54.html>

Holdren, J. P., Daily, G.C. 1995, *The meaning of sustainability: biogeographical aspects*, Mohan Munasinghe-Walter Shearer, Editors, Washington.

INEGI 2002, *Estadísticas del medio ambiente de la Zona Metropolitana de Monterrey 2001*, Talleres Gráficos del INEGI, Aguascalientes.

Kras, E. 1994, *El desarrollo sustentable y las empresas*, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Lawrence, D. P. 1997, Integrating sustainability and environmental impact assessment, *Environmental Management*, vol. 21, no. 1, pp.23-42.



- Lélé, S. 1991, Sustainable development: A critical review, *World Development*, vol. 19, no. 6, pp. 607-621.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., & Randers, J. 1993, *Más allá de los límites del crecimiento*, Segunda Edición, Ediciones El País, S.A., Madrid.
- Mebratu, D. 1998, Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review, *Environ Impact Asses Rev.*, no. 18, pp.493-520.
- Naredo, J.M. 2000, *Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible*, Available at: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>
- Odum, E. P. 1986, *Fundamentos de ecología*, Primera Edición, Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., México.
- Odum, E. P. 1997, *Ecology: A bridge between science and society*, Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland.
- Odum, E. P. 2001, The "Techno-ecosystem", *Bulletin of the Ecological Society of America*, April.
- Rees, W. E. 1997, Is "sustainable city" an oxymoron?, *Local Environment*, no. 2, pp. 303-310.
- Rees, W.E. 2003, "Understanding urban ecosystems: an ecological economics perspective", in A. Berkowitz et al. (eds.), *Understanding urban ecosystems*, Springer-Verlag, New York.
- Rueda, S. 2000, *Habitabilidad y calidad de vida*, Available at: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/lista.html>
- Schley, S., Laur, J. 1999, *The sustainability challenge: Ecological and economic development*, Available at: <http://www.seedsys.com/article1.html>
- Schmidheiny, S. 1992, *Cambiando el rumbo: una perspectiva global del empresariado para el desarrollo y el medio ambiente*, Editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) 1986, *Síntesis geográfica del estado de Nuevo León*, INEGI, Aguascalientes.



Segschneider, K. H. 2001, *10 years after Rio (debating development perspectives) A concise outlook on sustainable development implementation*, Heinrich Böll Foundation.

Sondereguer, P. C. 1999, Sustentabilidad y urbanización: Un dilema de nuestro tiempo, *Ingeniería y Ciencias Ambientales*, vol. 43, (julio-agosto), p. 6.

Stocksbridge Local Agenda 21 1998, Available at:
<http://panizzi.shef.ac.uk/stocksbridge/environment/la21/sustainability.htm>

Sutton, P. 2000, *Ecological sustainability*, Available at: <http://www.green-innovations.asn.au/ecolsust.htm>

Tran, L. T., Knight, C.G., O'Neill, R.V., Smith, E.R., Riitters, K.H. & Wickham, J. 2002, Fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the Mid-Atlantic Region, *Environmental Management*, vol. 29, no. 6, pp. 845-859.

Tremmel, Ch. 2000, *What is ecological sustainability?*, Foundation for the Rights of Future Generations.

United Nations Development Programme-U.N. Environmental Programme-World Bank 2000, *A guide to world resources (2000-2001): People and ecosystems- the frying web of life*, World Resources Institute, Washington.

Wackernagel, M. y Rees, W. 2001, *Nuestra huella ecológica (reduciendo el impacto humano sobre la Tierra)*, Colección Ecología & Medio Ambiente, LOM ediciones, Santiago.

Yurjevic, A. 1996, El desarrollo sustentable: una mirada actualizada, *Agrología y Desarrollo*, Número Especial 10, noviembre.

Desarrollo sustentable: pasado, presente y futuro

Mario Alberto Díaz López
Facultad de Ingeniería y Arquitectura-UR
mdiaz@mail.ur.mx

*La Tierra brinda lo suficiente para satisfacer
las necesidades de todos,
pero no la codicia de todos.*

Mahatma Gandhi



RESUMEN

El desarrollo sustentable ha transitado de la fase conceptual donde se visualizó la importancia de conciliar los aspectos ecológicos, sociales y económicos, hacia la actual etapa de generación de estrategias factibles y financiables para lograrlo. Se espera, en el mediano plazo, que las naciones puedan firmar acuerdos globales que permitan mejorar igualmente la calidad de vida de las personas, haciendo uso racional y austero de los recursos naturales del planeta.

PALABRAS CLAVE

Desarrollo sustentable, hábitos de consumo, calidad de vida, desarrollo económico, sistemas sociales.

ABSTRACT

The sustainable development has moved from the conceptual phase, in which the importance of the interaction of ecological, social and economical issues was considered to actual work on the generation of feasible financial strategies to achieve such goal. It is hoped that the nations can sign global trades which allow to do it at a medium term, in order to equally improve people's quality of life, utilizing the planet's natural resources in a rational and austere way.

KEYWORDS

Sustainable development, consumption habits, life quality, economic development, social systems.

PASADO



El desarrollo sustentable tiene como antecedente conceptual la preocupación por la escasez de recursos naturales y sus consecuencias sobre el crecimiento económico, expresadas desde 1798 por Malthus en su ensayo sobre población;

cabe destacar que los factores limitantes en su tiempo se restringían a la tierra y la capacidad de crecimiento de la oferta de alimentos, por encima de un crecimiento desmedido de la población. Ricardo, contemporáneo de Malthus, compartía su pesimismo con respecto a que la disminución de la rentabilidad de la tierra imponía límites al crecimiento tanto económico como poblacional.¹

La situación se mantuvo sin cambio hasta 1968, cuando el Club de Roma, organización formada por políticos, científicos e intelectuales, preocupados por solucionar los principales problemas del mundo, convocó a reunión donde se discutieron y analizaron problemas presentes y futuros de la humanidad y los límites del crecimiento económico frente al uso cada vez más extendido de los recursos naturales. De entre los temas a discusión destacaron: crecimiento de la población, desempleo, pobreza, contaminación, concentración urbana, enajenación de la juventud, inflación, rechazo de valores tradicionales, pérdida de fe en las instituciones; siendo el objetivo primordial entender los orígenes de los problemas y encontrar respuestas a ellos.

El resultado de dicha gestión fue el libro de Meadows y Meadows "Los límites del crecimiento", que inició el neomalthusianismo, ya que retomaba la demografía como variable importante a controlar por parte de los países pobres, desde el punto de vista de los ricos. El argumento fundamental del modelo fue la necesidad de establecer límites para el crecimiento exponencial de las actividades económicas, la población, la contaminación, debido a que el mundo se consideraba, como hoy, finito en tierras cultivables, yacimientos minerales, recursos energéticos y en la capacidad de soportar la contaminación.^{1,2}

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano de 1972, en Estocolmo, Suecia, fue la respuesta a los debates sobre los riesgos de la degradación ambiental. En dicho foro se discutieron por vez primera temas como crecimiento, desarrollo y protección ambiental, de manera globalizada, siendo las conclusiones más relevantes: la vinculación de los mayores problemas que afectaban el bienestar de la población y el desarrollo económico del mundo, el deterioro del ambiente, que se relacionó con la presión ejercida por el crecimiento de la población; los mayores

problemas ambientales de los países ricos que resultan de la contaminación industrial, en tanto que los correspondientes a los países pobres son resultado del mal uso de los recursos naturales y su consiguiente agotamiento; la raíz de los problemas estaba en la falta de desarrollo, por lo que el rápido crecimiento económico no se traduciría en el fin de la problemática ambiental.^{1,2,3}

El concepto de ecodesarrollo surge a la palestra a inicios de la década de los setentas (siglo XX) a iniciativa de Ignacy Sachs, consultor de la Organización de las Naciones Unidas; los puntos centrales de su propuesta incluyen el renunciar a la idea de un crecimiento exponencial e ilimitado y la posibilidad de promover el desarrollo basado en exportaciones masivas de recursos naturales locales, así como detener el creciente proceso de degradación ambiental; desmitificar la creencia en el progreso a través de la ciencia y la tecnología; alterar los patrones de consumo de los países industrializados y de las élites de los países pobres, lo que constituye el compromiso que buscaba conciliar el incremento de la producción con el respeto a los ecosistemas, requerido para preservar las condiciones de habitabilidad de la tierra.

Cabe destacar que sus principios orientadores eran:

- a) satisfacción de las necesidades básicas,
- b) solidaridad con generaciones futuras,
- c) participación de la población involucrada,
- d) preservación de los recursos naturales y el ambiente,
- e) elaboración de un sistema social garantizador de empleos, seguridad social y respeto a otras culturas, y
- f) programas de educación.

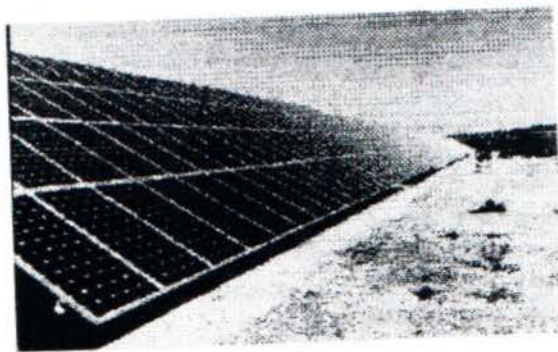
Sin embargo, su destino estaba marcado, ya que a partir de la Declaración de Cocoyoc, llevada a cabo en 1974 en México, el entonces Secretario de Estado Henry Kissinger manifestó su desacuerdo en el escrito enviado al Presidente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en el que exigía se eliminara de la misma el término "ecodesarrollo" por así convenir a los intereses de los Estados Unidos de América.^{1,2}

Fue hasta 1987 que, bajo la tutela de la entonces Primera Ministra de Noruega, Gro Harlem

Brundtland, y el auspicio de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, se elaboró el informe titulado "Nuestro Futuro Común", también conocido como el "Informe Brundtland", donde se propusieron acciones y directrices tendientes a reducir las amenazas a la sobrevivencia y dar certidumbre al desarrollo.^{2,3}

El Informe establece siete objetivos globales:¹

1. Reactivar el crecimiento.- Sobre todo en los países pobres.
2. Modificar la calidad del crecimiento.- Entendiendo por esto que sea menos intensivo en el uso de materias primas y energía, buscando mantener una reserva de capital natural, mejorar la distribución de la renta y reducir la vulnerabilidad a las crisis económicas, prestando especial atención a variables socio-ambientales tales como educación, salud, agua, aire limpio y conservación de áreas naturales.
3. Atender a las necesidades humanas básicas.- Partiendo del supuesto de que los países ricos las tienen cubiertas, el objetivo se dirige sobre todo a los países pobres. Entre las más relevantes se encuentran: empleo, alimentación, energía y saneamiento ambiental.
4. Asegurar niveles sustentables de población.- Considerando la relación entre las personas y la disponibilidad de los recursos.
5. Conservar y mejorar la base de recursos.- Lo que conlleva al mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas y la biosfera, por lo que las políticas deben considerar la mejora en el nivel de vida, sobre todo en aquellas zonas bajo disturbio y pobreza de recursos.



6. Reorientar la tecnología y gerenciar el riesgo.- Siendo ésta el elemento clave para la solución de los principales problemas, por lo que se requerirá que se oriente a la atención de los aspectos ambientales del desarrollo por ser hasta ahora los menos prioritarios.
7. Incorporar el ambiente y la economía en los procesos de decisión.- Para esto se necesitará cambiar actitudes y objetivos, por lo que la comunidad y el gobierno deberán participar de manera conjunta en este proceso de cambio.

PRESENTE

Desarrollo sustentable: el concepto



La Cumbre de la Tierra de 1992, en Río de Janeiro Brasil, se constituyó en la principal plataforma de difusión política del concepto de desarrollo sustentable, es decir, "aquél que satisface las necesidades de las generaciones presentes en forma igualitaria, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades";⁴ esto desencadenó toda una serie

de definiciones en versiones institucional, ideológica y académica, cuyo factor común es el consenso de que el mundo está padeciendo una crisis ambiental que implica un cambio de conciencia y de estrategias para confrontarla y superarla. Una de las definiciones más significativas es la del Consejo Internacional de Iniciativas Locales que lo define textualmente como "aquél que ofrece servicios ambientales, sociales y económicos básicos, a todos los miembros de una comunidad sin poner en peligro la viabilidad de los entornos naturales, construidos y sociales, de los que depende el disfrutamiento de estos servicios";⁵

El desarrollo sustentable resulta de la combinación, entre otros, de los siguientes factores:⁶

- 1.- Crecimiento económico, valuado en términos de dinero.
- 2.- Equidad, medida con parámetros sociales.

3.- Uso sustentable de los recursos naturales evaluado por parámetros biogeofísicos.

El equilibrio entre estos factores desencadena una gestión de conflictos entre metas económicas, sociales y ambientales que deben negociarse con la estrategia de "ganar-ganar".⁷

Las dificultades para lograr el desarrollo sustentable

El problema reside en la actitud de los gobiernos, ya que carecen de voluntad política para realizarlo. La responsabilidad recae en los gobiernos del hemisferio norte que se han negado a financiarlo, sin embargo, también los países del hemisferio sur lo visualizan como un pretexto para continuar con su modelo de desarrollo sin observar las consecuencias ambientales.⁸

Entonces ¿Qué se necesita?

Para acceder al desarrollo sustentable se necesita lo siguiente:⁹

- a) Aproximaciones interdisciplinarias e integradas a los problemas.
- b) Conceptos de teorías y dinámicas no lineales de sistemas complejos.- Los ecosistemas muestran estados multiestables y de comportamiento discontinuo en tiempo y espacio.
- c) Análisis y monitoreo de los procesos de cambio.- Los ecosistemas pueden ser afectados leve o severamente por cambios que transcurren lentamente, lo que contrasta en como se hacen las cosas desde el punto de vista político.
- d) Puesto que se están incrementando las conexiones espacio-temporales de los fenómenos no lineales asociados con el ambiente, se requieren aproximaciones interdisciplinarias que consideren las diferentes escalas de la problemática; esto contrasta directamente con la forma en que tradicionalmente se han manejado los problemas ecológicos.
- e) Los ambientes natural y social están en constante cambio (coevolución), por lo que se requiere una aproximación que sea adecuada al entorno natural que tiene características evolutivas, a la teoría económica y organizacional, que tiene como características la innovación y el aprendizaje, y que formule políticas para una sociedad adaptativa.

El papel de la Agenda 21.¹⁰

Este programa surgió de las negociaciones de la Cumbre de Río y tiene por objetivo incrementar la cooperación e integración de políticas entre instituciones nacionales e internacionales, racionalizando los regímenes jurídicos de niveles diversos para hacer mejor, más participativa e informada la toma de decisiones.

La Agenda 21 introdujo el concepto de estrategias nacionales para el desarrollo sustentable como medio de integrar objetivos económicos, sociales y ambientales, en un plan estratégicamente enfocado a la acción. El programa estableció como meta el año 2002 para que todos los países formularan sus propias estrategias. Al 2001, cerca de 85 naciones habían generado alguna clase de estrategia, aunque la efectividad de dichas medidas varió de país a país.

Del programa surgió la necesidad de que dichos esfuerzos permearan a nivel comunitario, surgiendo entonces la Agenda 21 local, que al año 2001 contaba con cerca de 3.000 iniciativas, dentro de un amplio abanico de posibilidades, es decir, desde villas, hasta las principales áreas metropolitanas del mundo. La fuerza de la Agenda 21 local radica en que esta aproximación involucra a los interesados en la toma de decisiones, identificando prioridades, encontrando e implementando soluciones, por lo que el desafío radica en enfocarla a áreas claves donde se requiere respuesta expedita y donde tenga mayor impacto en la consecución del objetivo último, el desarrollo sustentable.



FUTURO



En la actualidad, la sociedad está organizada de tal manera que sus estrategias de gestión se estructuran en primer lugar para lograr metas de tipo económico, en segundo, y esto no siempre, las de orden social, pero raramente las que involucran el manejo de los recursos naturales.¹³ Por otra parte, la esencia del desarrollo sustentable, desde el punto de vista económico, implica que los recursos naturales deben ser explotados para obtener el máximo valor agregado, con la condición de que se disponga de los "intereses" sin afectar el "capital".¹¹

Schmidheiny¹² y Herman Daly citado por Meadows¹³ destacan que,

si una sociedad aspira a ser sustentable, la tasa de empleo de los recursos no deberá superar la de regeneración de los mismos; la velocidad de utilización de los recursos no renovables tampoco excederá a la que se desarrollan los sustitutos y la tasa de emisión de contaminantes no deberá rebasar la capacidad de asimilación del ambiente.

Dourojeanni⁷ expresa su preocupación, en el sentido de que las variables ambientales son de las que ofrecen mayores vacíos de información, si se les quiere integrar en un sistema de toma de decisiones que considere variables tanto controlables como incontrolables, además de que los acontecimientos tienen frecuentemente la cualidad de no ser previsible. Aunado a lo anterior, está el hecho de que en los países pobres, las estrategias de largo plazo para el desarrollo sustentable, enfrentan una realidad diferente a la de las naciones ricas, ya que los primeros padecen un severo deterioro del ambiente, que como ya se dijo, ofrece bienes y servicios básicos que facilitan la transición hacia la sustentabilidad del desarrollo.⁶

Es importante destacar que lo que es sustentable para un país, periodo de tiempo, y etapa de desarrollo no necesariamente lo es para otro, por lo que cada nación debe generar su propuesta para desarrollarse sustentable y sosteniblemente, de acuerdo a su propia realidad y circunstancias.¹⁴

En materia de sustentabilidad, existen siete temas comunes por encarar:³

1. Los interesados.- Es importante establecer una ética ambiental para el manejo de la preservación e integridad biológica de los ecosistemas, lo que incluye la salvaguarda de recursos tales como el agua, el aire y la diversidad de especies; también considera la promoción del uso de energías renovables (solar y eólica) y los materiales de construcción de origen natural.
2. Respeto a los límites.- Implica el vivir con los medios que la naturaleza proporciona. Los "límites" representan el umbral de los sistemas vivientes, que cuando se rebasa, tiene efectos devastadores que van de la extinción de especies al calentamiento global.
3. Interdependencia.- Hoy en día dependemos de manera inexorable de los sistemas ecológicos, económicos y sociales, que trabajan de forma tan estrecha que no podemos considerarlos de manera independiente.
4. Reestructuración económica.- Requerida para incrementar las oportunidades de empleo en tanto se salvaguardan los ecosistemas. Esta nueva relación alimenta las prácticas sustentables que dependen de otro modelo económico basado en la cooperación y en la eficiencia antes que en la competencia y el residuo.
5. Distribución clara.- Considera la importancia de la justicia social y la equidad en áreas que incluyen oportunidades de empleo, educación, cuidado a la salud, entre otras. Una distribución clara y equitativa de los recursos implica un cambio en los valores sociales, aplicados a través de políticas gubernamentales tales como impuestos y prácticas de responsabilidad social corporativa que dirijan sus esfuerzos hacia las comunidades de menos ingresos.
6. Perspectiva intergeneracional.- Se hace énfasis en el largo plazo, para fines de esclarecer la

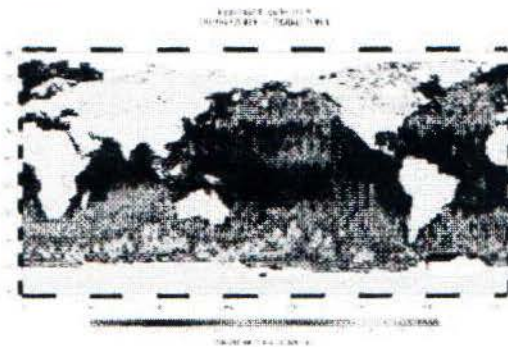
importancia de priorizar las decisiones actuales, teniendo en cuenta que el impacto de las mismas se vería reflejado en las generaciones por venir en un lapso estimado de 150 a 500 años.

7. La naturaleza como modelo y maestro.- Se basa en la "experiencia" acumulada por 3,500 millones de años de evolución de los sistemas vivientes, lo que lleva implícito el respeto a las demás especies.

El papel de la economía ecológica

Margalef, Odum y Commoner, citados por Riechmann¹⁵ han propuesto que la economía humana debería imitar la "economía natural" de los ecosistemas. De esta estrategia surge el concepto de biomímesis, que implica el imitar los sistemas naturales al reconstruir los sistemas productivos humanos, a fin de hacerlos compatibles con la biosfera.

A la luz de esta teoría se pueden establecer cinco pautas para la reconstrucción de la economía, en términos ecológicos:¹⁵ Vivir del sol como fuente energética.- Implica basar la estrategia del desarrollo en el uso de las energías renovables; Cerrar los ciclos de materiales.- Significa que los residuos generados por los procesos productivos se recuperen-reúsen-reciclen como materia prima; No transportar demasiado lejos los materiales.- Dado que los ecosistemas terrestres se han autoorganizado en base a ciclos verticales y cercanos, es menester que las sociedades, minimicen el transporte horizontal de larga distancia; Evitar los xenobióticos y los organismos transgénicos.- Por sus efectos potencialmente desastrosos sobre los sistemas biológicos; Respetar la diversidad.- La economía debe respetar las singularidades regionales, culturales, materiales y ecológicas de cada lugar.



Procesos de gestión

La estrategia clave para fomentar el desarrollo sustentable reside en mejorar los procesos de decisión y de gestión, necesarios para lograr el equilibrio entre los aspectos sociales, ambientales y económicos; estos deben incluir el llevar a la práctica las acciones que fomenten el crecimiento económico, las negociaciones que lleven a la equidad, y la incorporación de la dimensión ambiental para el tratamiento holístico de los temas⁷. Para Dourojeanni⁷ "el conocimiento de los ecosistemas está absolutamente desbalanceado de la inversión que se realiza para la explotación del mismo medio. Un escenario sustentable debe aumentar drásticamente la inversión para conocer los ecosistemas intervenidos. La valoración y rescate del conocimiento de las poblaciones originarias es una de las bases para lograrlo".

La Agenda del Milenio¹⁰

Finalmente, la Organización de las Naciones Unidas estableció en el 2001 una serie de metas para el desarrollo:

- 1) Erradicar la pobreza extrema y el hambre;
- 2) Lograr la educación primaria universal;
- 3) Promover la igualdad de género y otorgar poder a la mujer;
- 4) Reducir la mortalidad infantil;
- 5) Mejorar la salud materna;
- 6) Combatir el SIDA, la malaria y otras enfermedades;
- 7) Asegurar la sustentabilidad ambiental: tiene como objetivos: integrar los principios del desarrollo sustentable en las políticas y programas nacionales y revertir la pérdida de recursos naturales; al 2015 reducir la proporción de personas sin acceso sustentable a agua potable segura; y al 2020, tener asegurada la mejora significativa de las condiciones de vida de al menos 100 millones de marginados;
- 8) Generar una sociedad global para el desarrollo.

EPILOGO

Si se parte del entendido de que las estrategias vigentes tendientes a la sustentabilidad del desarrollo se basan en un modelo derrochador de recursos en

el que los países ricos no sólo desean mantener sino incrementar sus actuales niveles de bienestar, y por su parte, las naciones pobres aspiran al nivel de vida -ecológicamente subsidiado- de los primeros. No existe en el planeta Tierra el capital natural suficiente para sostener los patrones de consumo que le caracterizan (por ejemplo, uso desmedido e ineficiente de energía no renovable). En virtud de lo anterior, el proceso de gestión deberá redirigirse considerando los siguientes aspectos:

1.- Definir la norma o nivel de bienestar objetivo-delimitado de alguna forma en la Agenda 21.

2.- Negociar, a nivel global, que el consumo de recursos naturales se lleve a cabo de manera no solo racional sino austera, entendiendo esta como la limitación consciente para no comprometer su disponibilidad, ni el equilibrio de la biosfera, lo que permitirá en el mediano o largo plazo que los países ricos sean más eficientes en el uso y consumo de los recursos, y a los pobres, la esperanza tangible para dejar de serlo.



REFERENCIAS

1. Cavalcanti Rachel N. – Desarrollo sustentable, II Curso Internacional de Aspectos Geológicos en Protección Ambiental, Santiago, 2000.
2. Naredo J.M. – Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible, <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>, marzo, 2000.
3. Edwards Andrés R. – Sustainability today (A compass for the future), New College of California, 2000.
4. Mebratu Desta – Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review, Environ Impact Asses Rev., 18:493-520, 1998.
5. Rueda Palenzuela Salvador – Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles, Taller sobre indicadores de huella y calidad Ambiental Urbana-Fundación Fórum Ambiental, Catalunya, 1999.
6. Fernández Luis – Desarrollo y sustentabilidad, Ambiente Ecológico, <http://www.ambiente-ecológico.com/revist37/lferna37.htm>, mayo, 2000.
7. Dourojeanni Axel – La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible, CEPAL, LC/R.1925, 1999.
8. Najam Adil – Why we don't need a new international environmental organization, The Future is Now, 3(may):48-59, 2002.
9. Iyer-Raniga Usha, Graham Treloar – A context for participation in sustainable development, Environmental Management, 26(4):349-361, 2000.
10. United Nations Development Programme-U.N. Environmental Programme-World Bank – A guide to world resources (2000-2001): People and ecosystems- the frying web of life, World Resources Institute, Washington, 2000.
11. Enkerlin E.C., Jerónimo Cano Cano, et al. (Editores) – Desarrollo sostenible: ¿el paradigma idóneo de la humanidad? En: Ciencia ambiental y desarrollo sostenible, International Thomson Editores, México, 1997.
12. Schmidheiny Setphan – Cambiando el rumbo: una perspectiva global del empresariado para el desarrollo y el medio ambiente, Editorial Fondo de Cultura Económica, México, 1992.
13. Meadows D.H., D.L. Meadows, et al. – Más allá de los límites del crecimiento, Ediciones El País, S.A., segunda edición, Madrid, 1993.
14. Lawrence David P. – Integrating sustainability and environmental impact assessment, Environmental Management, 21(1):23-42, 1997.
15. Riechmann Jorge – La sostenibilidad un nuevo pensamiento, Fundación BSCH/Fundación Lázaro Galdiano, Encuentros “El nuevo horizonte de la sostenibilidad”, 2003.

TD . ALFONSINA BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
Z5320
FCB 1020150539
2005 FT
.D5

DIAZ LOPEZ, Mario Alberto

Titulo
"Sustentabilidad ecológica"

Vencimiento Nombre del Lector

1020150539



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CAPILLA ALFONSINA BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

120905



