



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGÓN

“HACIA UN PROYECTO DE REFORESTACIÓN Y
DE ABSORCIÓN DE CARBONO EN EL PARQUE
ESTATAL SIERRA DE GUADALUPE COMO
RESPUESTA AL INCREMENTO DE GEI”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
M A E S T R A E N E C O N O M Í A
P R E S E N T A :
JESSICA LORENA ESCOBAR DELGADILLO



TUTORA: DRA. MARÍA LUISA QUINTERO SOTO

MÉXICO

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- AGRADECIMIENTOS -

La presente tesis de maestría no hubiera sido posible sin la colaboración y el apoyo de varias instituciones y personas fundamentales para mi formación profesional. Agradezco con orgullo a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de adquirir una mayor formación académica, igualmente expreso mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado y que ha sido parte fundamental para el desarrollo de mis estudios de maestría.

Expreso mi gratitud al cuerpo de profesores del Posgrado en Economía de la Facultad de Estudios Superiores Aragón por haber invertido su tiempo y conocimiento al proporcionarme las herramientas necesarias para ser una profesionista más humana. En especial quiero agradecer y con gran admiración a la Dra. María Luisa Quintero Soto, tutora de la presente tesis; por su paciencia, dedicación, conocimiento y apoyo a lo largo de este periodo, caracterizándola siempre por su gran amabilidad y calidad humana.

También quiero hacer presente mi agradecimiento al Comité de tesis que con su tiempo, experiencia y gran conocimiento hicieron posible una mayor madurez del presente trabajo. Con especial agradecimiento al Dr. José Luis Romo y al Dr. Cesar Ramírez.

Deseo dejar constancia de mi más profunda y sincera gratitud a mis padres y hermanos que han sido la base fundamental para mi desarrollo como persona y motores para una superación profesional, y a quienes han formado parte de mi familia por sus palabras de aliento, por estar siempre conmigo a ellos mi más sincero agradecimiento.

Con especial cariño y admiración a Jesús Salvador Jiménez Rivera que al transitar juntos hacia una misma meta me brindó su compañía, que compartió conmigo su conocimiento y de quien mucho aprendí, mi gratitud a él que con su gran apoyo, paciencia y dedicación ayudó para la realización de la presente tesis.

Sin ánimo de olvidar a nadie en particular y a todas aquellas personas que han sido parte de mi vida y formación profesional mi más sincero agradecimiento.

- ÍNDICE -

Prólogo..... 4

Introducción..... 5

Capítulo I: El Desarrollo Sustentable y el compromiso Político a nivel mundial ante el Cambio Climático

1.1. El Desarrollo Sustentable 10

1.2. Economía de Mercado, Economía Ambiental y Economía Ecológica 17

1.3. La visión Económica de las Externalidades32

1.4. El papel del Estado en la visión medio ambiental 35

1.5. El Cambio Climático y Calentamiento Global 39

1.5.1. Teorías que explican el Cambio Climático Global 44

1.5.1.1. Teoría de la variación solar 45

1.5.1.2. Teoría del efecto Tunguska 45

1.5.1.3. Teoría del Calentamiento Global por GEI 45

1.5.1.4. Otras teorías sobre calentamiento global 47

1.6. El Compromiso Político a nivel mundial como respuesta al CCG 47

1.6.1. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 51

Capítulo II: El Mercado de Bonos de Carbono y el Protocolo de Kyoto

2.1. Gases Efecto invernadero y la visión del Protocolo de Kyoto 66

2.1.1. El protocolo de Kyoto y los bosques 72

2.1.1.1 Bosques y Captura de Carbono 73

2.1.1.1.1 Ciclo del carbono 75

2.1.1.1.1.1 El Carbono 75

2.1.1.1.1.2 Ciclo biológico 76

2.1.1.1.2 Absorción de Carbono a través bosques 77

2.1.1.2. Posturas ambientalistas y económicas de la captura de CO₂
en Bosques 79

2.2. Funcionamiento del Mercado de Bonos de Carbono dentro del Marco del Protocolo de Kyoto	81
2.2.1. Mecanismos del Protocolo de Kyoto	82
2.2.1.1 El Mecanismo de Comercio de Emisiones entre países desarrollados	82
2.2.1.2 El Mecanismo de implementación Conjunta.....	83
2.2.1.3 El Mecanismo de Desarrollo Limpio MLD.....	84
2.2.2. Funcionamiento e Instrumentación del Mercado Bonos de Carbono	85
2.2.2.1. Estructura del Mercado	90
2.2.2.2. Segmentos del Mercado.....	95
2.2.2.3. Tamaño del Mercado.....	97
2.2.2.4. Vendedores y Compradores.....	98
2.2.2.5. Precios Mitigación y Expectativas del Mercado	101
2.3. Oportunidades para México en el Mercado internacional de Bonos de Carbono.....	105
2.3.1. Proyectos de captura de carbono en México	111

Capítulo III: Alternativa de absorción de Bióxido de Carbono para el caso del Parque Estatal Sierra de Guadalupe

3.1. México en el marco del Protocolo de Kyoto	118
3.2. Marco legal nacional para el caso de proyectos ambientales y el mercado de carbono	119
3.3. Proyecciones y perspectivas del mercado de carbono en México	121
3.4. Hacia un proyecto de reforestación y de absorción de carbono en la Sierra de Guadalupe	128
3.4.1. Expansión de la Zona Metropolitana del Valle de México	128
3.4.2. Proyecto de Reforestación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. ...	137
3.4.2.1 Situación Actual y Sin Proyecto.....	138
3.4.2.1.1 Localización del área de estudio	138
3.4.2.1.2 Problemática actual.....	143
3.4.2.1.3 Situación sin proyecto	154
3.4.2.1.4 Situación optimizada	164

3.4.2.2 Proyecto	165
3.4.2.2.1 Origen del proyecto	165
3.4.2.2.2 Descripción del proyecto	166
3.4.2.2.3 Área susceptible de reforestación	167
3.4.2.2.4 Especies para reforestación de la Sierra de Guadalupe	168
3.4.2.2.5 Inversión estimada en reforestación.....	170
3.4.2.2.6 Beneficios directos de la reforestación gobiernos locales y particulares	175
3.4.2.2.6.1 Beneficios esperados por la colocación de bonos de Carbono	178
3.4.2.3 Variables Financieras.....	182
Conclusiones	186
Recomendaciones	191
Anexo 1	192
Anexo 2	196
Anexo 3	209
Anexo 4	216
Bibliografía	227

- PRÓLOGO -

Actualmente, los hechos revelan que los excesos cometidos por el hombre sobre su entorno natural se revierten sobre el propio desarrollo, trastornando de esta forma la calidad de vida de la población, frenando las posibilidades de satisfacer las necesidades del presente e hipotecando el futuro de las siguientes generaciones. Por lo anterior, se reconoce la importancia de crear conciencia a favor de la protección y conservación del entorno natural de la humanidad, se trata de crear estrategias que contribuyan a la generación de la disminución del impacto ambiental, con miras hacia procesos de producción y consumo más racionales acorde a lo que cada país pueda ofrecer.

En los últimos años se ha reconocido científicamente que el clima global se ha visto alterado significativamente, como resultado de los llamados gases de efecto invernadero, como el bióxido de carbono y el metano entre otros. Existe un fuerte consenso de que estos gases están contribuyendo al incremento de la temperatura mundial, por lo que a tal fenómeno, se le han atribuido cambios potenciales generando alteraciones sobre los ecosistemas globales.

Por ésta razón diversas investigaciones científicas señalan que habrá cambios significativos sobre especies arbóreas, proyectando pérdidas considerables de bosques en gran parte del mundo. Este argumento nos lleva a buscar soluciones a nivel mundial sobre la disminución al impacto del cambio climático global, ya que de no hacerlo, será fatal, el impacto sobre la naturaleza y las sociedades del mundo.

Estas conclusiones han llevado a una reacción gubernamental mundial, que se ha expresado en numerosos estudios y conferencias, incluyendo tratados enfocados a enfrentar y en lo posible solucionar la crisis, ejemplo de esto son los mecanismos inscritos dentro del protocolo de Kyoto, los cuales se estudiarán a profundidad en este trabajo, mediante un estudio de caso y una evaluación financiera social y privada, con el objetivo de demostrar su viabilidad.

- INTRODUCCIÓN -

Hoy en día el mundo vive procesos de degradación ambiental, vinculados a las actividades humanas, que tienen un impacto cada vez más grave sobre el cambio climático. Por lo que se reconoce la imperiosa necesidad de mirar hacia procesos de producción y consumo más racionales acorde a lo que la tierra pueda ofrecer.

Se muestra cada vez más la inquietud de la sociedad en su conjunto ante la magnitud del agotamiento de los recursos naturales y el deterioro ambiental; al mismo tiempo se pone en énfasis la exigencia de políticas e instrumentos que fortalezcan las propuestas de conservación y el aprovechamiento sustentable de los acervos y capitales naturales.

Forzosamente una mayor apertura y competitividad económica demandarían la adopción de estándares de eficacia y calidad más rigurosos; se trata entonces de una necesidad de realizar cambios estructurales en la administración de los recursos naturales; así como de una exploración y uso más consciente.

En nuestros días, uno de los principales retos ambientales a nivel mundial es la disminución del impacto del cambio climático; por tal motivo, surgen alternativas para mitigar los gases contaminantes emitidos por las actividades humanas.

Una de estas alternativas es la creación de proyectos en actividades forestales y otras de uso de la tierra por parte de los gobiernos, sector privado y comunidades, que surgen como una opción para la contribución de la reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI) por medio de la absorción de bióxido de carbono. Es aquí que se pueden tener importantes efectos relacionados con la biodiversidad y aspectos socioeconómicos a través del manejo sustentable de los bosques con el fin de retener CO₂. Por lo anterior, este trabajo intenta vislumbrar desde una perspectiva económica el significado económico de la sustentabilidad.

Este trabajo tratará de analizar la problemática del Cambio Climático Global, las bases teóricas, sus posibles efectos futuros, las medidas concertadas y las medidas recomendadas para enfrentar adecuadamente el problema dentro del naciente Mercado de Bonos de Carbono, con una visión enfocada a la resolución de tal problemática, atendiendo desde lo local a lo global.

Esto es, se tratará de dar una alternativa de resolución local a un problema global, mediante una evaluación financiera y social de reforestación para el Parque Estatal Sierra de Guadalupe (dada las alarmantes condiciones actuales de deforestación por las que atraviesa el área y sus posibles efectos futuros), para la absorción de gases efecto invernadero, lo cual podrá cotizar mediante certificados de emisión en el mercado de bonos de carbono, teniendo beneficios económicos, sociales y ambientales para la localidad al tiempo de contribuir a la posible resolución de problemas globales como es la disminución al impacto ambiental, todo esto con el fin de aprovechar la coyuntura internacional del incipiente Mercado de Bonos de Carbono mediante los mecanismo flexibles del Protocolo de Kyoto.

A partir del planteamiento anterior nos proponemos dar respuesta al siguiente cuestionamiento: *¿Es una alternativa viable para México, el insertarse en el mercado de carbono a través de la recuperación de sus bosques, dentro del contexto de que quien contamina pague y quien conserve los recursos e invierta en la conservación ecológica, reconstruyendo el capital ambiental de la nación, reciba un beneficio?*

Desde esta perspectiva la captura de carbono podría ser el motor económico que impulse la recuperación de áreas deforestadas, como es el caso del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, propiciando el incremento de su masa forestal y con esto los múltiples servicios ambientales que los bosques ofrecen a la comunidad, en forma de externalidades positivas, bajo los siguientes objetivos e hipótesis particulares.

Los objetivos de esta investigación se describen a continuación:

Objetivo General:

- Discutir la viabilidad de una alternativa de reducción de gases efecto invernadero en la atmósfera mediante la absorción de bióxido de carbono en los bosques de México, particularmente para el caso del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, estimando los beneficios ambientales, sociales y económicos que se generen

Objetivos particulares:

- Argumentar que el medio ambiente y el desarrollo son los campos de acción política decisivos para la viabilidad futura de México y un desarrollo sustentable en materia de economía, ecología, seguridad social y justicia global
- Explorar las condiciones para consolidar el mercado de captura de carbono en México, en la coyuntura que ofrece el protocolo de Kyoto.
- Desarrollar una propuesta de captura de CO₂ para el caso particular del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, destacando los efectos que resulten del análisis, cuantificando el costo por este servicio ambiental en el mercado de bonos verdes, y los beneficios adicionales que genere el estudio.

Las hipótesis particulares de esta investigación son las siguientes:

- 1) *“Existe un límite a la sustentabilidad ambiental para el desarrollo económico y social, por lo tanto, la sustentabilidad no podrá ser un objeto que se busque después de realizar el objetivo de maximización del crecimiento económico”.*

-
- 2) *“México, con un uso sustentable de sus recursos forestales, a través de la captura de bióxido de carbono y la conservación e incremento de su masa forestal, se beneficiaría de la coyuntura internacional del mercado de bonos verdes, comercializando la venta de la captura de CO₂”.*
 - 3) *“El proyecto de reforestación en la Sierra de Guadalupe, podría ser en parte financiado por la comercialización de la captura de carbono, al tiempo que genera servicios ambientales para la ciudad”.*

Metodología de la investigación:

El presente trabajo incorpora los enfoques metodológicos básicos:

Inductivo-Deductivo, el cual va de lo general a lo particular. Esto es, se analizará el efecto del cambio climático a nivel global y sus efectos en lo local, así como las acciones que se está tomando al respecto a nivel mundial y local.

Histórico, para conocer la evolución y desarrollo del objeto de investigación ya que se hace necesario revelar su historia, las etapas esenciales de su desarrollo y las conexiones fundamentales existentes.

Evaluación financiera del proyecto de reforestación de la Sierra de Guadalupe, resaltando los beneficios esperados tanto para la sociedad como para el gobierno.

En el capítulo I se desarrollará el marco teórico orientado a analizar la compatibilidad tanto del crecimiento económico como del desarrollo sustentable. Además de desarrollar la idea de que el crecimiento económico no solamente es compatible con el desarrollo sustentable, sino que también es necesario para generar los recursos para el desarrollo y prevenir la degradación ambiental, implicando la explotación racional y consciente de los recursos naturales a tasas que no impidan la regeneración de los ecosistemas.

En el capítulo II se analiza dentro del marco del Protocolo de Kyoto y los mecanismos flexibles, el funcionamiento del Mercado de Bonos de Carbono, y las alternativas de mitigación de gases efecto invernadero como son los sumideros de carbono de los cuáles se podrá aprovechar sus características e insertarse en el comercio internacional.

En el capítulo III, se analizará el potencial de captura de carbono para el caso particular del Parque Estatal Sierra de Guadalupe estimando la capacidad y rentabilidad de la captura de carbono en dicha área. Se utilizará una metodología basada en datos estadísticos. Se definirá la especie o especies susceptibles de ser plantadas, argumentar la elección del o los árboles óptimos. Se estimará el potencial de Captura de Carbono, con una proyección a 30 años, para el tipo de árboles seleccionados.

Una vez estimada la cantidad de carbono que se podrá capturar, ésta se traducirá en dólares, esto es, se calculará a través del precio fijado en el mercado por tonelada de carbono. Así mismo, se cuantificarán los beneficios adicionales como: captura de agua, belleza escénica, formación de suelos, disminución de inundaciones, menores gastos gubernamentales en salud pública. Se evaluarán los beneficios sociales generados para la zona aledaña al lugar de estudio.

Por último, para analizar la rentabilidad del estudio se utilizarán las principales variables financieras como la Tasa Interna de Retorno y el Valor Presente Neto lo cual nos llevará a la comprobación de nuestras hipótesis.

- CAPÍTULO 1 -

El Desarrollo Sustentable y el Compromiso Político a nivel mundial ante el Cambio Climático.

“Sabemos que el hombre blanco no comprende nuestro modo de vida. El no sabe distinguir entre un pedazo de tierra y otro; es un extraño que llega de noche y toma lo que necesita de la tierra. Ella no es su hermana sino su enemiga y una vez conquistada sigue su camino deja atrás, sin importarle la tumba de sus padres...Tampoco le importa secuestrarle la tierra a sus hijos, tanto la tumba de su padres como el patrimonio de sus hijos son olvidados. Trata a su madre la tierra y a su hermano, el firmamento como objetos que se compran, se explotan y se venden como ovejas o cuentas de colores...”¹

1.1 El Desarrollo Sustentable

Actualmente nos encontramos en la búsqueda por una transformación productiva que brinde mayor respeto al medio ambiente, a través de una extracción racional de los recursos naturales, la cual permita mejorar los niveles y condiciones de vida de la población en un horizonte sostenible de largo plazo.

Como en todo el mundo, también en América Latina la eficiencia energética y las energías renovables representan un potencial inmenso para mitigar los efectos dramáticos del consumo energético en continuo crecimiento, inducido tanto por el desarrollo económico, como por estilos de vida que incorporan un mayor consumo de energía y por el empeño de lograr sociedades más prosperas y equitativas.²

¹ Carta apache Jefe Seattle al Presidente de Estados Unidos. El presidente de los Estados Unidos, Franklin Pierce, envía en 1854 una oferta al jefe Seattle, de la tribu Suwamish, para comprarle los territorios del noroeste de los Estados Unidos que hoy forman el Estado de Wáshington. A cambio, promete crear una "reservación" para el pueblo indígena. Y el jefe Seattle responde en 1855.

² Conviello F. Manlio (2003). *Entorno Internacional y Oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de América Latina y el Caribe*. Edt. CEPAL División de Recursos Naturales e Infraestructura, Santiago de Chile de 2003. ISSN electrónico 1680-9025

El medio ambiente y el desarrollo son los campos de acción política decisivos para la viabilidad futura de México. Al igual que en otras naciones industrializadas y semi industrializadas, en México el desarrollo futuro se ve en primera instancia en función de las condiciones de crecimiento económico y su estructuración. En este escenario, la “ecología humana” parece solo tener una oportunidad si se inserta en la lucha por las innovaciones tecnológicas y por los mercados con porvenir.

Actualmente, se vive un proceso de degradación ambiental cada vez más grave, que se encuentra asociado a procesos de deforestación, erosión de los suelos así como al despilfarro de los recursos energéticos; a la descomposición y abandono del campo, a la hiperconcentración urbana e industrial, como a la contaminación ambiental y al aumento de los riesgos ecológicos. Asimismo, se reconoce la estrecha relación que guarda la degradación ambiental, el deterioro de la calidad de vida de la población y el incremento de la pobreza y la marginación.

Es por ello que se reconoce la importancia de crear conciencia en favor de la protección al patrimonio natural de la humanidad y del ahorro de energía, crear estrategias que ayuden a mitigar los excesos cometidos por el hombre sobre la naturaleza, formar una cultura ambiental capaz de mirar hacia procesos de producción y consumo más racionales de acuerdo con lo que el país puede satisfacer al utilizar energías más limpias; que surgen por los impactos de la racionalidad económica, de un mundo global que se guía por la maximización de las ganancias, del excedente económico de corto plazo; que tiene sus efectos en la concentración económica y política, dando beneficio a unos pocos. Es importante preocuparse y ocuparse por el desarrollo sustentable, es decir, cuidar el capital natural que se legara a generaciones futuras.

El término Desarrollo Sustentable fue acuñado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el desarrollo, llamada Comisión Brundtland. De acuerdo con este informe, el desarrollo sustentable es aquel que “Satisface

las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.³

Para Julia Carabias el desarrollo sustentable es “Satisfacer las necesidades actuales de la sociedad sin afectar las posibilidades vitales de las siguientes generaciones.”⁴ Es decir, que para atender las necesidades actuales, al obtener recursos de la naturaleza, no se afecte el potencial del desarrollo futuro. Esto ineludiblemente implica la explotación racional y consciente de los recursos naturales a tasas que no impidan la regeneración de los ecosistemas.

Por otro lado Juan J. Jardón dice que: “Un proceso o condición de sustentabilidad es el que se puede mantener indefinidamente sin la disminución progresiva de las cualidades de valor dentro o fuera del sistema donde opera el proceso o prevalecen las condiciones”.⁵ Sin embargo, esa concepción tiene carencias para adaptarse a las intenciones de mantener y mejorar el bienestar de nuestro planeta. De acuerdo con otras definiciones las cuales señala García Colin son:

“Mejorar la calidad de vida humana mientras se vive dentro de la actual capacidad propia para sostener los ecosistemas”;⁶

“Crecimiento económico que provee equidad y oportunidades para toda la humanidad, y no solo a los pocos privilegiados, sin una mayor destrucción de un mundo finito en recursos naturales y capacidades”.⁷

El tema del desarrollo sustentable se encuentra relacionado con el tema de derechos humanos y vinculado con el derecho al desarrollo que en la Resolución de Naciones Unidas de la asamblea general, de diciembre de 1986

³ Jardón U. Juan J. (1995). *Energía y Medio Ambiente una perspectiva económica y social*. Edt. UNAM, México. Pág. 100

⁴ García Colin Leopoldo y Bauer Ephrussi Mariano. (1996). *Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable (el caso de México)*. UNAM Programa Universitario de Energía. El Colegio Nacional de México, México. Pág. 25

⁵ Jardón U. Juan J. op.cit, Pág. 28

⁶ García Colin Leopoldo y Bauer Ephrussi Mariano, op.cit, Pág. 29

⁷ García Colin Leopoldo y Bauer Ephrussi Mariano, op.cit, Pág. 29

se consagra como: “Un derecho humano inalienable , en virtud del cual, todos los seres humanos y todos los pueblos están facultados para participar en el desarrollo económico , social , cultural y político en el que puedan realizarse plenamente todos los derechos humanos y libertades fundamentales a contribuir a ese desarrollo y disfrutar de él”.⁸

Posteriormente en la declaración de Río de Janeiro sobre Medio ambiente y desarrollo se incorpora al derecho sobre el desarrollo el que tienen las futuras generaciones, en el principio Núm. 3 estableciendo: “El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras”; y en el principio Núm. 4 se postula el derecho al desarrollo sostenible como un fin a alcanzar diciendo: “A fin de alcanzar el desarrollo sostenible , la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada”.⁹ En el principio Núm. 8 se establece que “Para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los estados deberán reducir y eliminar los sistemas de producción y consumo insostenible y fomentar las políticas demográficas apropiadas.”¹⁰

En el Plan de Acción Nacional para el medio Ambiente de Nairobi de 1982, una síntesis de tendencias y problemas de energías; como tendencias y problemas se indican los efectos ambientales del aumento continuo de demanda de leña y desechos generados en la producción de energía entre otro y como aspectos positivos señala el uso de energías renovables y el aumento de las plantaciones con fines energéticos; y como prioridad para la acción se encuentra la promoción de métodos de mayor rendimiento para el uso y conservación de la energía , formulación y promoción de las directrices para el desarrollo ambiental racional de fuentes nuevas y renovables de energía.¹¹

⁸ García Colin Leopoldo y Bauer Ephrussi Mariano, op.cit, Pág.90

⁹ Ibíd., Pág.92

¹⁰ Ibíd., Pág. 93

¹¹ Ibíd., Pág. 93

En México el desarrollo sustentable lo encontramos implícito en el texto del artículo 27 constitucional donde se vislumbra el concepto de conservación de los recursos naturales:

“La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con el objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana...”. “Conservación mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico...”¹²

Así mismo en el Artículo 25 constitucional encontramos al desarrollo sustentable “Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución”.¹³

El desarrollo sustentable, como eje central de las políticas públicas en México, se encuentra determinado en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND); dicho plan plantea que para lograr un crecimiento con calidad, es preciso crear las condiciones para un desarrollo sustentable. De esta forma se plantea la utilización de instrumentos en la gestión de medio ambiente. Este Plan Nacional de Desarrollo propone que un primer elemento en el nivel de las políticas públicas para preservar el medio ambiente sea la transversalidad.

¹² Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Capítulo I de las Garantías Individuales Artículo 27.

¹³ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Capítulo I de las Garantías Individuales Artículo 25

Para que México logre una verdadera sustentabilidad ambiental es necesario que se concilie el medio ambiente con otras dos grandes áreas de sustentabilidad del desarrollo humano. Éstas son la productividad y la competitividad de la economía como un todo.

Así mismo se establece que la sustentabilidad ambiental exige que México se sume con toda eficacia y con toda responsabilidad a los esfuerzos internacionales por evitar que el planeta llegue a sufrir dislocaciones ambientales sin remedio, como el calentamiento global.

El desarrollo humano sustentable exige que nuestro país, junto con las naciones del mundo, comparta plenamente el principio de que los recursos naturales y la estabilidad climática representan un bien público para toda la humanidad, ya que no se puede excluir a nadie de su disfrute en ningún momento, y por lo mismo han de ser preservados con toda efectividad.¹⁴

El desarrollo sustentable no degrada el ambiente, es económicamente viable, técnicamente apropiado y socialmente aceptado. Forzosamente una mayor apertura y competitividad demandarían la adopción de estándares de eficacia y calidad cada vez más rigurosos; se trata entonces de una necesidad de realizar cambios estructurales en la administración de los recursos naturales, así como de una exploración, explotación y uso más consciente, sin embargo, es importante reconocer la gran responsabilidad que tiene las sociedades frente al ambiente como patrimonio de toda la humanidad responsabilidad que no necesariamente implica la conservación de medioambiente, sino frenar los daños que se hacen a los ecosistemas.

Es importante la participación de la tecnología ecológica que permita el incremento de la producción, los servicios y el soporte de las necesidades para la vida moderna con procesos limpios, eficaces y eficientes. Se trata de proponer nuevas alternativas a los problemas para la satisfacción de las

¹⁴ Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Obtenido el día 09 de Julio de 2007 de, pnd.presidencia.gob.mx

necesidades del hombre, con nuevas tecnologías que ayuden a reducir o al menos detener los impactos ambientales. Pese a que el potencial de estas energías es grande, su desarrollo presenta dificultades importantes debido al propio mercado, a las actitudes sociales y a las políticas públicas, es por esto que es necesario crear un mejor avance y participación entre los órganos de gobierno, la sociedad y aquellos que protegen al medio ambiente.

Aunque la definición de desarrollo sustentable fue empleada por primera vez en 1987 en la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU, creada en 1983, el tema del medio ambiente tiene antecedentes más lejanos. En este sentido, las Naciones Unidas han sido pioneras al tratar el tema, enfocándose inicialmente en el estudio y la utilización de los recursos naturales y en la lucha porque los países (en especial aquellos en desarrollo) ejercieran control de sus propios recursos naturales”.¹⁵



¹⁵ Naciones Unidas Centro de Información. *Desarrollo Sostenible*. Obtenido el día 10 de junio de 2006, de http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost.htm

1.2. Economía de Mercado, Economía Ambiental y Economía Ecológica

En la actualidad es bastante generalizada la visión que los mercados son las instituciones más efectivas y eficientes para asignar los recursos escasos, sin embargo, sabemos que en presencia de externalidades, los mercados no producen asignaciones socialmente eficientes, como por ejemplo la contaminación. Para la sociedad, el desafío medioambiental consiste en encontrar los niveles óptimos de contaminación, que surgen de comparar los beneficios que deriva la sociedad de las actividades que generan contaminación con los costos sociales que la contaminación genera.

Por tanto, es importante la valoración económica de los recursos naturales en la búsqueda del desarrollo sustentable. En este sentido, es necesario hacer una revisión teórica de las implicaciones que tiene la economía de mercado, la economía ambiental y la economía ecológica dentro de este contexto.

Economía de Mercado

La teoría del mercado da por hecho que los individuos son los principales actores de la vida económica y que estos pretenden maximizar sus propios intereses económicos comprando y vendiendo en un mercado libre. Según la teoría de mercado, el bien público se maximiza al permitir a todos elegir libremente, sin interferencia alguna de los gobiernos.

Se tiene un mercado en competencia perfecta cuando hay muchos vendedores pequeños en relación con el mercado, por su parte, el productor es homogéneo, existe información perfecta, con libre entrada y salida de empresas y decisiones independientes, tanto de los oferentes como de los demandantes.

Ahora bien, nos encontramos en competencia imperfecta, cuando las empresas oferentes influyen individualmente en el precio de las industrias. Las empresas asistentes actúan como precio oferentes, dado que, de alguna forma, imponen

los precios que se rigen en el mercado. Los productos que ofrecen los distintos vendedores son básicamente idénticos. A un comprador le dará prácticamente igual adquirir un bien a un vendedor o a otro.

Cabe señalar, que la característica fundamental de la competencia perfecta es que, dada la diversidad de las empresas participantes, ninguna tiene la capacidad de incidir sobre los precios, de forma tal que actúan como precio aceptantes.¹⁶

En cuanto al precio de un bien, será su relación de cambio de dinero, es decir, el número de unidades monetarias que se necesitan obtener una unidad del bien.

El sistema capitalista se caracteriza porque los medios de producción son propiedad privada. Las decisiones sobre qué producir cómo producir y para quién producir se tomarán con base en las señales del mercado. El mercado motiva a los individuos a usar los recursos y bienes escasos, ya que los precios actúan racionando las escasas cantidades disponibles.

El papel de los beneficios como guía de la economía de mercado es fundamental, ya que provee de recompensas y penaliza el comportamiento de los empresarios ineficientes. Al mismo tiempo, los beneficios atraerán a las empresas a aquellas actividades a las que los consumidores demanden más bienes y en las que hay mayores oportunidades de beneficios. Además, la entrada y salida de empresas al sistema hace que éste tienda hacia la eficiencia económica, pues induce a las empresas a reducir los costos de producción.

Algunas de las críticas al sistema de la economía de mercado estriban en que no distribuye equitativamente los beneficios. Además, de que el poder económico y político de los capitalistas limita los intentos de alcanzar una sociedad más igualitaria. Al mismo tiempo, se han criticado los aspectos

¹⁶ Tomadores de precios.

relacionados con la formación de los precios y en la ausencia de la competencia.

Ahora bien, dentro de la economía de bienestar encontramos el Principio del óptimo de Pareto, el cuál sabemos postula que un cambio de política se justifica si resulta en la mejora del bienestar de alguien, sin que implique un deterioro del otro. De aquí que se da lugar a los gustos y preferencias de los individuos, omitiendo las relacionadas con la distribución del ingreso, la asignación de los recursos naturales y otros aspectos sociales.

Dentro de la teoría de bienestar existen dos teoremas implícitos del óptimo de Pareto, siendo el punto de partida de la economía del bienestar para el análisis del funcionamiento de una economía de mercado, en contraste con el de economía perfecta, y el papel del gobierno. Por lo que, cuando el resultado del sistema económico es ineficiente es justificado una intervención estatal con lo que se podrá superar la no optimalidad.

Sin embargo, este criterio no es suficiente por lo que aparecen las compensaciones como por ejemplo la de Kaldor, el cuál establece que un cambio es pertinente si los ganadores hipotéticamente pueden compensar a los perdedores. Si se acepta este juicio de valor como un criterio de compensación, aumenta el número de cambios que pueden jerarquizarse, en comparación con los que pueden seleccionarse empleando el óptimo de Pareto.¹⁷

Ahora bien cuando coexiste equilibrio o bien es ineficiente, dejan de cumplirse los supuestos básicos de la teoría con lo que se llegan a dar las llamadas fallas de mercado. Para analizar estos problemas se tratan a través de economías con externalidades al analizar los equilibrios ineficientes, esto es que al haber asignaciones en las que todos podrán estar mejor, estas no se alcanzan.

¹⁷ Borrayo López R. (2002). *Sustentabilidad y Desarrollo Económico*. Diversidad Nacional autónoma de México. Editorial McGraw-Hill. Primera Edición. Pág. 46

Las *externalidades* son definidas como aquellos beneficios o costos sociales que se derivan de la realización de una actividad privada y que no son contabilizados en los costos totales de producción. Por ejemplo, la contaminación es un daño que sufre la sociedad, pero no es un gasto que el productor privado pague para remediar el daño que causa.

Es así como en un mercado donde hay externalidades puede surgir una asignación ineficiente de los recursos, si no se hace nada al respecto. Por lo tanto, es importante analizar cómo responden los sectores público y privado a las situaciones de externalidades.

Por otra parte, la teoría económica dominante considera a la naturaleza como proveedora de insumos para la fabricación de bienes que se intercambian en el mercado, sin embargo, algunos de estos insumos no tienen precio, como por ejemplo el aire, la atmósfera.

Otro aspecto de importancia primordial y que diferencia el análisis ecológico del económico es la oposición entre el carácter abierto de los ecosistemas naturales y el carácter cerrado de los sistemas económicos, tal y como son analizados por la teoría económica clásica.

Sin embargo, desde el punto de vista de la ecología los procesos económicos llevan a la creación de ecosistemas artificiales que constituyen ciclos abiertos de materia y energía, siendo por tanto, insostenibles a largo plazo en un sistema finito, como es la Tierra.

Por su parte, desde el punto de vista de la economía, en contraste, los procesos económicos aparecen como ciclos cerrados en los que la producción y el consumo de mercancías tienen sus contrapartidas exactas en los intercambios monetarios. Por ello, no es de extrañar que el análisis económico no sea capaz de tener en cuenta los problemas asociados al agotamiento de los recursos naturales o a la contaminación del medio por los desechos generados en el proceso económico.

Economía Ambiental

Actualmente, se ha convertido en prioridad la protección al medio ambiente, los temas debatidos en la actualidad sobre su deterioro son múltiples, dado que las disponibilidades de los recursos naturales a los que el hombre tiene acceso, tienen una limitante, esto es que tienden a agotarse en un periodo de tiempo.

Tal agotamiento como la contaminación de los recursos naturales, tiende a afectar el equilibrio natural de los recursos, lo que al mismo tiempo, infiere en el bienestar del hombre.

"El deterioro acelerado y creciente del medio, es hoy día, posiblemente el peligro a largo plazo más grave que enfrenta toda la especie humana en su conjunto, y muy en particular el aún llamado Tercer Mundo. En lo que respecta a los países subdesarrollados, es uno de los factores que agrava con más fuerza las condiciones de vida de cientos de millones de personas en el Tercer Mundo".¹⁸

En las últimas décadas, se ha enfatizado el impacto negativo de las sociedades de consumo sobre el ambiente, rebasando las fronteras de estos países y cambiando esta problemática en un fenómeno mundial que atañe a todos.

Después a los años 60, empezó un periodo donde se resaltaron las preocupaciones por el rápido deterioro del medio ambiente, manifestándose en todos los sectores de la sociedad, un acrecentamiento de la sensibilidad ante tal escenario.

Por lo que, "la estabilidad ambiental responde a la capacidad de mantener el equilibrio mediante los mecanismos de autorregulación ante cualquier impacto".¹⁹

¹⁸ Gallastegui, Carmen (2003). *Ecología, medio ambiente y mercado*. Obtenida el día 6 de Junio de 2006, de <http://www.Ecologíaymedioambiente.htm>.

¹⁹ *Ibíd.*

Los principios de la economía ambiental se fundamentan en la utilización del marco teórico de la economía neoclásica.

La tesis marshalliana argumenta que el comercio internacional eleva la eficiencia y productividad, lo que deriva en crecimiento económico aún cuando sea en forma desigual. Durante años esta corriente ha marcado la pauta de los planes de desarrollo de muchas naciones, los cuales fueron llevados a cabo en forma irracional ante la abundancia de recursos naturales y el alto grado de tolerancia que todavía mantenía el ambiente.

Hoy por hoy, los países desarrollados están adquiriendo una conciencia ambiental. Los países en vías de desarrollo, no escapan a este problema y la pregunta aquí es *¿qué es lo que los ha llevado a encarar el problema?*, la posible respuesta reside en las actividades particularmente extractivas a las cuáles recurren para financiar su crecimiento lo cuál ha degradado su ambiente y disminuido su capacidad de expansión.

Para tal recuperación, se requieren inversiones tan elevadas que sus otros problemas sociales como educación, salud, seguridad no les permiten atender; más aún cuando casi todos ellos ven limitada su disponibilidad ante fuertes compromisos de deuda externa. Sin embargo, no hay muchas opciones; el problema ambiental deberá enfrentarse ahora, ya que limita el desarrollo actual y futuro.

El papel importante que cumplen los recursos naturales, en particular la tierra como fuente de dinamismo o de limitación al crecimiento, constituyó la base de los postulados fisiocráticos a mediados del siglo XVIII. Si bien es cierto, su preocupación se ubicaba más hacia instaurar las bases para el análisis de la producción capitalista, reconocen que la capacidad de desarrollo de un país guarda una relación estrecha con la dotación de recursos, al considerar como riqueza verdadera aquella que se puede consumir sin empobrecerse, siendo la tierra su única fuente.

En 1865, Thomas Malthus quien al parecer fue uno de los primeros economistas en preocuparse por los recursos naturales, consideró que los límites de recursos a nivel global hacen que la capacidad de crecimiento de la producción alimentaria resulte inferior al crecimiento de la población. Thomas Malthus publica su “Ensayo sobre el principio de la población o Revista de sus efectos pasados y presentes sobre la felicidad del hombre” (1798), donde discute la naturaleza escasa de los recursos para satisfacer las necesidades del hombre; cómo la población crece geométricamente mientras que las materias primas lo hacen aritméticamente y plantea la necesidad de controles naturales y artificiales de la población.

Por su parte, David Ricardo habla de los rendimientos decrecientes de la tierra sobre la agricultura. En cuanto a John S. Mill postuló que las disponibilidades limitadas de recursos naturales impondrían límites al crecimiento económico.

William S. Jevons, dio muestras de un nuevo intento por estudiar la economía de los recursos agotables al publicar sus estudios sobre “La cuestión del carbón”, ésta se encuadra en una concepción microeconómica de los elementos que intervienen en el proceso económico (utilidad, disponibilidad de recursos como determinante de los costos de producción, etc.).

Por su parte, Arthur C. Pigou, introduce la idea de externalidad negativa, lo que da soporte al concepto de contaminación. Así mismo, Harold Hotelling retoma nuevamente la discusión sobre los recursos finitos para dar paso a un período que aletargó la preocupación por las disponibilidades futuras de recursos y el resurgimiento de los enfoques macroeconómicos. Así mismo, establece un principio básico indicando cuándo debe extraerse un recurso no renovable, mostrando el óptimo de extracción.

Actualmente la Economía Ambiental se entiende como una rama de la economía que incorpora el medio ambiente en sus análisis habituales y se

considera a la variable ambiental como un aspecto más que influye en los hechos económicos.²⁰

Por lo que la llamada Economía Ambiental es una economía de los recursos en general. Es un marco teórico en el que se puede analizar el fenómeno económico-ambiental como un problema clásico de asignación de recursos escasos entre fines alternos, en su versión dinámica.²¹

El eje principal de la teoría económica dominante que facilita abordar metódicamente los problemas relevantes de la cuestión ambiental tiene su justificación dentro del marco del Equilibrio General Clásico.

Los modelos inspirados bajo esta norma analítica se estructuran en dos niveles. El primero es el de la formulación del problema, que es el primer nivel e involucra la definición de los conjuntos de elección, la descripción del comportamiento racional (maximizador) mediante la función objetivo (de bienestar y de ganancia) de los agentes y la definición del conjunto de restricciones del entorno, que en conjunto conforman la parte paramétrica del modelo completo, que se considera dada gustos y preferencia, el estado de la tecnología y del funcionamiento del medioambiente, así como los arreglos institucionales del contexto social. El segundo nivel se obtiene el resultado sobre cuya base se construyen los criterios para evaluar las elecciones económicas privadas y sociales.²²

Así bien, la ramificación del modelo de equilibrio general clásico el cuál une las interacciones entre economía y medio ambiente, se logra a través de la mediación de la cualidad económico-ambiental comprensiva de calidad ambiental.

²⁰ *Ibíd.*

²¹ Borrayo López Rafael (2002). *Sustentabilidad y Desarrollo Económico*. UNAM. Editorial McGraw-Hill. Pág. 46

²² *Ibíd.* Pág. 46

Desde esta perspectiva, los conceptos que se estructuran dentro del análisis económico de la problemática ambiental son: la recolección óptima de los recursos renovables, la tasa de extracción óptima de los recursos agotables, así como el uso óptimo de los servicios ambientales.

Por otro lado, los modelos económicos sabemos, han hecho uso del concepto de externalidad al cuantificar y evaluarla. Así mismo, los modelos de cuantificación se basan en modelos económicos neoclásicos que permiten la estimación de las externalidades. Este concepto ha sido utilizado para tratar temas de contaminación y efectos negativos, dando lugar a modelos que cuantifican el daño para valorar posibles compensaciones ya sea a través de impuestos o bien otro tipo de medidas.

Como resultado de este concepto retomado de la economía neoclásica, aplicado a la economía ambiental, surge la noción de pagos por servicios ambientales que no es más que el aplicar el concepto de externalidad positiva e internalizar el beneficio para la colectividad en la valoración económica de este beneficio.

Los modelos de cuantificación se basan en modelos económicos neoclásicos como bien se había dicho, que cuantifican y estiman el valor de los costos o beneficios de tales externalidades. En términos particulares, por citar un ejemplo, un bosque genera beneficios a la población como la fijación de carbono, así que se podría cuantificar en términos monetarios el valor de esta contribución y recibir una compensación por ese servicio.

Economía Ecológica

Como bien se sabe, el análisis económico convencional centra su atención en problemas de escasez y de asignación de recursos naturales. Dentro de la Economía Ecológica *se considera la integración analítica de los sistemas ambientales además de aseverar la insuficiencia del análisis económico convencional para tratar tal incorporación.*

La Economía Ecológica se entiende como la nueva disciplina de gestión de la sustentabilidad, una disciplina que aporta el marco metodológico, instrumentos teóricos, técnicos y prácticos que contribuyen a la resolución sobre las formas de producción, transformación y consumo de los recursos naturales.

En contraste con la economía neoclásica, existen tres premisas distintivas a la Economía Ecológica:

Exterioriza una interdependencia circular en vez de la premisa de contexto fijo, que articula los procesos vitales del medio ambiente y establece el respeto por las restricciones biofísicas en la realización de actividades humanas. Además, reconoce que la sociedad en su conjunto tiende a apreciar más el valor de la calidad ambiental que como lo hacen los individuos. Así mismo, promueve la sustentabilidad como valor fundamental.

La economía ecológica persigue la incorporación de las variables ambientales a los modelos de gestión de recursos económicos. Es una perspectiva con implicaciones no sólo en la escala económica sino también en la social, política y sobre todo ambiental.²³ Así bien, la Economía Ecológica trata de “medir la capacidad de sostenibilidad de la biosfera para atender las necesidades actuales y futuras, establecer indicadores del mantenimiento del capital natural en cualquiera de sus formas y analizar el mecanismo de los precios en este contexto”.²⁴

Así mismo, esta disciplina hace uso de conceptos como desarrollo sustentable, y da una alternativa a la economía ortodoxa clásica. Este nuevo conocimiento, ha construido un notable cuerpo teórico e instrumental que suministra y pone en las manos de múltiples actores sociales una forma de analizar las relaciones sociedad-naturaleza, buscando como fin último colaborar en la aportación de elementos que faciliten a las sociedades del Sur y del Norte alcanzar un

²³ Simón Fernández X. (2006). *Economía Ecológica y Agroecología*. Obtenido el día 1 de diciembre de 2006, de http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/04_agroecologia_y_economia_ecologica_Xavier.

²⁴ Hernández Celis Carlos E. (2006). *Economía Ecológica*. Obtenido el día 1 de diciembre de 2006, de <http://www.cra.gov.co/portal/www/resources/segunda1.doc>

desarrollo más sustentable del proceso económico, teniendo en el centro al hombre y su Medio Natural.

Se debe tomar en consideración la relevancia de examinar, discutir y explorar los distintos modelos de desarrollo económico y los impactos que la intensificación de los procesos económicos y de producción generan al medio natural y a las sociedades.

Para los dueños de los recursos, quiénes al mismo tiempo son consumidores de los mismos, estos deberán tener conocimiento del significado de esta responsabilidad; el conocer las formas de aprovechamiento racional no es suficiente, sino más bien se hace imperativo discutir y profundizar conceptos, formas de abordaje y resolución sobre el cómo los productos generados desde nuestro ambiente serán transferidos a la economía global, de una forma racional y equitativa.

Sabemos que las desigualdades e inequidades de este proceso, arrojan una deuda ecológica por parte de las economías más desarrolladas, que por otra parte demandan una creciente base de bienes exportables, sobreexplotando los recursos y subvaluando los productos que las economías en vías de desarrollo exportan, generalmente para el pago de su deuda externa.

El nivel de vida que ostentan los países industrializados, se debe al inmenso flujo de bienes naturales y financieros extraídos de los países en vías de desarrollo, sin importar el costo ambiental y económico que la extracción de los mismos genera.

En este sentido, sabemos que los países del Sur viven una presión tanto política como económica, debido a la deuda externa, sin reconocer las causas por la que ésta fue contraída, que fueron básicamente para cimentar un modelo de desarrollo basado en la extracción intensiva de recursos naturales, como el petróleo y el gas; así mismo, se puede decir que la deuda externa se ha convertido en una herramienta de política para presionar la sobreexplotación de estos y otros recursos naturales.

Es así que se dice que los países industrializados son los más contaminantes, y que han adquirido una deuda no financiera sino ecológica. La Deuda Ecológica es un concepto que explica el verdadero flujo de capitales, recursos naturales y seres humanos y manifiesta el destino y los efectos de la deuda externa proponiendo identificar a los deudores y acreedores, en un mundo desigual, conformado por un Norte enriquecido que mantiene su alto nivel de consumo gracias a los recursos extraídos en un Sur empobrecido. El problema que surge al incorporar la variable de la naturaleza, es que el mercado no es capaz por sí mismo de resolver el problema energético-ambiental.

La solución se haya entonces, en aplicar los conceptos e instrumentos de análisis de la economía a los recursos naturales y a los valores ambientales. Como resultado todo valor ambiental recibe una valoración monetaria, es decir, se trata de internalizar las externalidades. Así, las ineficacias de la sociedad consumista se solucionan interiorizando los efectos externos e imputando todos los costos a sus responsables económicos.

Por su parte, el modelo de Solow aplicado a la Economía Ecológica sustituye el stock de capital social por un stock de capital natural, y bajo este enfoque intertemporal el medio ambiente como fuente y sumidero acompañado de la capacidad tecnológica determina el crecimiento económico. Dentro del marco de la economía ecológica un ejemplo de la variante Stiglitz-Solow con una función Cobb-Douglas señala “el pecado de mezclar variables de flujo con variables de fondos”²⁵:

$$Q = K^{\alpha_1} R^{\alpha_2} L^{\alpha_3}$$

Donde Q es el producto, K es el stock de capital o tecnología, R el flujo de recursos naturales para la producción y L es la oferta de mano de obra con

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$$

²⁵ Borrayo López Rafael (2002). *Sustentabilidad y Desarrollo Económico*. Universidad Nacional Autónoma de México. Editorial McGRAW-HILL. Primera Edición. Pág. 66

Dada una determinada cantidad de trabajo constante, L_0 se puede obtener cualquier Q_0 , también dada, si el flujo de recursos es constante satisface:

$$R^{\alpha_2} = Q_0 / (K^{\alpha_1} L_0^{\alpha_3})$$

Lo anterior refleja que R flujo de recursos naturales puede ser tan pequeño como se quiera y que K sea significativamente grande. Se dice que se puede obtener un producto anual constante, indefinidamente, a un cuando sea muy pequeño el stock de recursos R , si se descompone en una serie infinita se requerirá un aumento sostenido del stock de capital en cada periodo, según la ecuación anterior. Pero esta implicación no es válida en la actualidad, pues el incremento de capital ocasiona el agotamiento adicional de los recursos naturales; si K (stock de capital) tiende a infinito R (flujo de recursos naturales) tenderá a extinguirse más rápidamente debido a la producción de capital.²⁶

Por su parte, Robert Solow intenta darle un significado desde un enfoque económico al concepto de sustentabilidad, señalando que se debe precisar lo que se quiere conservar, concretando en algo el genérico enunciado del Informe de la Comisión Brundtland. Para Solow lo que debe ser conservado es el valor del stock de capital (incluyendo el capital natural) con el que cuenta la sociedad, que es lo que, según este autor, otorgaría a las generaciones futuras la posibilidad de seguir produciendo bienestar económico en igual situación que la actual.

Para Solow el problema estriba, por una parte, en lograr una valoración que se estime adecuadamente completa y acertada del stock de capital y del deterioro ocasionado en el mismo, por otra, en asegurar que el valor de la inversión que engrosa anualmente ese stock cubra, al menos, la valoración anual de su deterioro, es decir, de tratar de proveer de lo necesario para la generación presente y la futura inmediata, y que a su vez estas tengan que preocuparse por la generación inmediata y consecutivamente.

²⁶ *Ibíd.* Pág. 66

Es entonces desde esta perspectiva que la naturaleza no debe ser vista como un objeto fijo, sino más bien es un ente que tiende a expresarse dinámicamente a los cambios progresivos. Por lo tanto, la incesante degradación ambiental amenaza la productividad de los ecosistemas y disminuye su resiliencia, en tanto capacidad para mantener la estructura y los patrones de comportamiento para frenar las perturbaciones, afectando la estabilidad del desarrollo económico.

La economía ecológica, critica la concepción de la economía entendida como sistema cerrado porque no es capaz de satisfacer las necesidades vitales de la mayoría de la población, dado que asume un mundo occidental beneficiado del progreso económico, que deteriora de forma irreversible la biosfera y destruye los recursos naturales.

Por ello, la economía ecológica propone el diseño y puesta en práctica de un sistema económico eointegrador que modifique los objetivos de la producción, el modelo de consumo, la orientación del cambio tecnológico y de las relaciones entre naciones subdesarrolladas e industrializadas.²⁷ Las críticas principales de la economía alternativa a la ortodoxa consisten en:

1. Crítica al sistema económico, ya que se establece en la universalidad del valor monetario como unidad de medida globalizada aplicada a la totalidad del mundo físico y sociocultural.
2. Crítica al mecanismo del mercado en la gestión ambiental.
3. Crítica a la concepción de "bienes", ya que solo considera a los bienes mercantiles, esto es, solo aquellos que pueden ser monetarizados.
4. Crítica la degradación en el medio natural lo que conlleva una degradación en el medio social.

²⁷ Ferrete Sarria C. (2005). *Ecología, Economía y Ética. La Problematicidad del Desarrollo Sostenible*. Obtenido el día 10 de octubre de 2006, de <http://www.uv.es/adrfp/dilema/art5.htm>

La economía ecológica no rechaza totalmente el concepto de desarrollo sostenible, sino que propone otros nuevos instrumentos económicos que deben aplicarse junto a él. Dos de estas herramientas son:²⁸

a) Un nuevo sistema de Contabilidad General donde se incorpore los costos ecológicos, sociales y ambientales ligados a los procesos económicos.

b) Y un nuevo indicador del bienestar que sustituya al Producto Interior Bruto (PIB) y que incluya tanto los gastos de defensa del medio ambiente como la depreciación del capital medioambiental a largo plazo.

En conjunción a estas nuevas herramientas, la economía ecológica exige políticas ambientales que se apoyen en el principio de que los recursos naturales son el patrimonio natural de la humanidad y, por tanto, que se asuma como prioridad el garantizar un acceso equitativo de los mismos. Este enfoque se fundamenta en la ideología de que la primacía de la economía sobre la política y la ética ha generado en gran medida la crisis civilizatoria de la actualidad, por lo que se proponen intervenciones en materia medioambiental, buscando apoyo y legitimación en una profundización de los mecanismos democráticos y participativos, aplicados a los niveles territoriales y sociales.²⁹

De esta forma, se hace necesario conocer, contabilizar así como valorizar el stock y flujos de los recursos naturales para la conversión de los bienes y servicios ambientales en valores monetarios, permitiendo controlar y orientar el desarrollo humano. Dentro de este nuevo marco, surge un mecanismo de gestión de administración racional de los recursos naturales, es decir, aparece la nueva contabilidad del medio ambiente que permite contabilizar las existencias y variaciones de los recursos naturales con base a las actividades económicas efectuadas.

²⁸ Ibíd.

²⁹ Ibíd.

Desde la óptica de la economía ecológica, la solución de los múltiples problemas ecológicos a los que se enfrenta hoy día la humanidad, deberán ser resueltos no mediante la ampliación de los actuales sistemas, sino mediante la definición de nuevos sistemas.

A partir de esta misma perspectiva se tiene enfatizada la idea de que el objetivo de maximizar la producción de los valores económicos tiene favorecido en individuos y empresas una actitud depredadora que va en detrimento del medio ambiente y de la estabilidad ecológica pues en el corto plazo resulta más barato y, por lo tanto, más enriquecedor la apropiación de los recursos ya existentes que aquella otra que se adapte a la capacidad de renovación de los ciclos naturales.³⁰

Finalmente, el tener conocimiento de la dimensión real de los recursos naturales de un país y de los procesos evolutivos de estos bajo la presión de los procesos económicos, hace necesario el diseño de políticas ambientales eficientes y eficaces para la conservación, recuperación, protección y adecuado uso de los mismos. Mas aún, una vez conocido y organizado el stock natural, resultará más sencilla la incorporación a los procesos económicos, como parte de la gestión económica ecológica, facilitando el direccionamiento hacia un proceso de desarrollo sustentable.

1.3. La visión económica de las externalidades

Se dice que hay externalidades cuando las acciones de un agente afecten directamente al entorno de otro. Las externalidades pueden ser positivas o negativas:

- **Externalidad positiva:** se produce cuando las acciones de un agente aumentan el bienestar de otros agentes de la economía.
- **Externalidad negativa:** se produce cuando las acciones de un agente reducen el bienestar de otros agentes de la economía.

³⁰ Ibíd.

Las externalidades pueden darse en:

- **El consumo:** cuando las decisiones de consumo de un agente afectan a la utilidad de otro agente.
- **La producción:** cuando las decisiones de producción de una empresa afectan a las posibilidades de producción de otra empresa.

La presencia de externalidades implica que el sistema de mercado deja de ser eficiente en el sentido de Pareto, dado que los precios no recogen los valores marginales de los agentes que se ven afectados por la presencia de los efectos externos.

Para tratar de resolver las ineficiencias de las externalidades se han propuesto varias soluciones:

- **Impuestos Pigouvianos:** Aquí lo que ocurre es que el precio al que se enfrenta la empresa 1 por su acción no es el adecuado, por lo que puede obligársele a pagar un impuesto correctivo que asigne eficientemente los recursos.³¹
- **Derechos de propiedad:** Las externalidades se caracterizan por una situación en la que no están bien definidos los derechos de propiedad. Si la información es perfecta y no existen costos de transacción asociados a la negociación, la asignación de los derechos de propiedad permite internalizar el efecto externo y alcanzar la solución eficiente en el sentido de Pareto.
- **Mecanismos de compensación:** Se trata de crear un mercado de externalidades, pero de forma tal que estimule a las empresas a revelar correctamente los costos que imponen a la otra.

³¹ Varian R. Hal (1992). *Análisis Macroeconómico*. Tercera Edición. Editorial Antoni Bosch. Pág. 507.

Las externalidades se dan con frecuencia en actividades relacionadas con el medio ambiente, en casos en los que los derechos de propiedad no están bien definidos. Por ejemplo, la contaminación del aire o el agua, entonces las soluciones que se aplican en la realidad tienden a comprender tanto los impuestos y las subvenciones como la regulación. Es aquí en la asignación de los derechos de propiedad, donde entra la asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero de acuerdo al Protocolo de Kyoto.

El concepto de externalidad se puede extender a los efectos medioambientales de las actividades económicas, aunque en este caso su valoración económica es ya una valoración política, es decir, una valoración consecuencia de una acuerdo tomado por el gobierno, o algún otro órgano político, y no el fruto de una valoración directa en función de los costos y beneficios de los diferentes agentes económicos presentes en el mercado.³²

Así, las autoridades locales podrán establecer un impuesto a los dueños de fábricas, por ejemplo, para subvencionar los costos de las tareas de descontaminación en un río, en consecuencia de la presión popular de algún grupo ecologista local, el cuál provoca con su movilización, la internalización de la externalidad, siendo un valor económico asignado a ésta, proporcional a la presión del grupo ecologista y a la conciencia ecológica de la población.

Así bien, en cuanto a la valoración de las externalidades medioambientales se sabe, se han realizado muchas propuestas, sin embargo, ninguna concluyente. Algunas propuestas señalan que la lógica de valorarlas es a partir del principio de que *“quien contamina pague”*³³. Bajo este argumento, el valor económico de

³² Leoni R. Ricardo (2006). *La economía y La Ecología*. Obtenido el día 30 de diciembre de 2006 de, <http://faraday.us.es/~ricardo/economia.htm>

³³ Hasta la década de los años sesenta los tratados internacionales carecieron de un enfoque proteccionista. Fue desde los años sesenta y setenta cuando dedicó una gran atención al medio ambiente, tal y como evidencian una serie de reuniones internacionales. Veinte años después de la Conferencia de Estocolmo tiene lugar la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente en Río de Janeiro, confirmando los máximos establecidos en Estocolmo, resultando de esta cumbre el concepto de *quien contamine pague*. Este concepto menciona que las autoridades deben tomar medidas para que los que contaminen carguen con los gastos de prevención y control de la contaminación, que aseguren un estado aceptable del medioambiente, y que estas medidas no deben ser acompañadas de subsidios que ocasionen

las externalidades medioambientales producidas por ejemplo, por una fábrica que está contaminando un río, sería el costo económico de restablecer ese río contaminado por los desechos de la fábrica, de nuevo a su estado original, o bien a un estado en donde la contaminación no supere determinados límites, implicando una decisión política.

Una vez que se calcule ese costo, la empresa se vería obligada a pagar un impuesto equivalente a la valoración de la externalidad, que el gobierno invertiría por la regeneración del río.

Y si bien, es valorable la externalidad, entonces se podrá establecer el cobro a través de un impuesto o sanción. En el caso de que nos encontremos con alguna externalidad positiva la sociedad podrá pagar tal externalidad mediante una subvención.

1.4. El papel del Estado en la visión medio ambiental

En los últimos veinte años, los países industrializados están considerando la protección al medio ambiente como algo inseparable del desarrollo económico asumiendo la responsabilidad de una conciencia ambiental tratando de adoptar acciones y estrategias encaminadas a la resolución de tal problemática.

La vertiginosa evolución no sólo de la problemática ambiental, sino también de los problemas que han sido necesarios encarar, han terminado por convertir en normales los procesos de transformación actuales, por lo que, tales transformaciones no sólo se refieren a las estructuras administrativas sino más bien tendrán que tomar en cuenta los mecanismos que ligan una articulación entre Estado y sociedad.

distorsiones en el comercio internacional. De lo anterior se desprenden dos aspectos importantes: el principio de quien contamine pague es un principio de internalización de los costos y es un principio internacional. Al mismo tiempo es un producto de economía de bienestar que implica que el costo de los bienes y servicios del mercado deben reflejar su costo social total (costo de producción y costo ambiental).

La Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992, sabemos, sentó las bases para una nueva visión mundial del desarrollo sustentable a través de acuerdos como la de diversidad biológica y el cambio climático a nivel global. Al mismo tiempo que la apertura de espacios para el desarrollo sustentable estuvieron vinculados con la evolución de los desafíos ambientales en los últimos años y con los profundos cambios que se han venido experimentado, esencialmente a partir de la intensificación del proceso de globalización, fortaleciendo la noción de fines de los ochenta relativa al agotamiento de los modelos económicos y de organización de la sociedad, a la par de las carencias de los estilos de desarrollo de las economías de países en vías de desarrollo para responder a los nuevos retos.

Aunado a estos estilos de desarrollo³⁴, a los problemas de pobreza y desigualdad social, se amplían los límites y requisitos ecológicos y ambientales para lograr un verdadero crecimiento sostenible. Esto es, que si por un lado las necesidades de acrecentar la riqueza nacional para la satisfacción de las necesidades básicas de una población creciente, pueden significar una grave presión sobre la base de los recursos naturales, por otra, el incremento de actividades extractivas e industriales provocan un deterioro aún más agudo en la capacidad de recuperación y regeneración de los ecosistemas que proveen los servicios ambientales.

Sin embargo, cabe mencionar que el surgimiento de nuevos actores no significa la superación o la disminución del papel del Estado, más bien crece el reconocimiento de que, pese a las oscilaciones ideológicas de los últimos años, el Estado sigue teniendo una responsabilidad muy importante en materia regulatoria y de articulación entre los sectores productivos, comunitarios y sociales, en especial en educación, seguridad ciudadana y medio ambiente.

Se hace reconocible la gobernabilidad definida en las posibilidades de superación de la pobreza y de la desigualdad social. Las nuevas bases de

³⁴ Aníbal Pinto define el “estilo de desarrollo” como “la manera en que dentro de un determinado sistema se organizan y asignan los recursos humanos y materiales con el objeto de resolver los interrogantes sobre que, para quienes y como producir los bienes y servicios”. Obtenido el día 22 de Julio de 2007 de, www.eumed.net/libros

governabilidad al sistema político demandan un nuevo modelo de desarrollo que instale al ser humano en el centro de ese proceso, que considere al crecimiento económico como un medio y no como un fin, que proteja las oportunidades de vida de las generaciones presentes y futuras, y por tanto, respete la integridad de los sistemas naturales como patrimonio natural de la humanidad.

Sin embargo, no es casual que las políticas públicas hayan incorporado el componente ambiental en sus espacios de intervención, más aún, las estrategias de desarrollo local han internalizado la idea de sustentabilidad como garantía para la protección ambiental. A la vez, observamos un insólito incremento de conflictos socio-ambientales locales y regionales, cuyos orígenes curiosamente están vinculados, de una u otra forma, con la aplicación de políticas públicas, particularmente relacionados con aspectos ambientales.

Las políticas ambientales buscan interpelar a la población, como individuos y como cuerpo social al mismo tiempo, orientado a normalizar subjetividades, por tanto disciplinar la sociedad al interior de una cultura ambiental, en este caso inspirada en la lógica del Mercado. De esta manera las políticas se refieren a la sociedad como un todo, es decir, la conservación ambiental es tarea de todos y al mismo tiempo al comportamiento individual respecto a la protección y conservación ambiental; seguramente las acciones de educación ambiental son la expresión por excelencia de esto.³⁵

Por otra parte, las políticas ambientales coadyuvan a generar percepciones prácticas, comportamientos, orientadas a la formación de una cultura ambiental, funcional al estilo del desarrollo actual, y adaptada a las condiciones del Mercado.³⁶

³⁵ Crespo Flores, Rafael (2006). *Políticas Públicas, Gobierno local y conflictos socio ambientales*. Oxford Brookes University. Obtenido el día 21 de marzo de 2006, de <http://www.rlc.fao.org/foro/media/Sesion.pdf>

³⁶ *Ibíd.*

Para el enfoque del Desarrollo Sustentable y las políticas públicas que requieren su operación, en países como México, éstas reflejan una contradicción del funcionamiento del modelo de desarrollo, ya que mientras el Ajuste Estructural se mueve con una visión cortoplacista, las políticas ambientales, para garantizar un desarrollo sustentable bajo el principio de equidad intergeneracional, requieren un enfoque de largo plazo.

Es entonces que los gobiernos locales, particularmente municipales, han desarrollado políticas de desarrollo en general de corto plazo, tomando como referencia el horizonte de una gestión de gobierno, de tal modo que el nuevo gobierno municipal, si es renovado, modifica las prioridades de desarrollo; de esa forma se implementan obras de impacto inmediato, que permitan ganar beneficio político.

La incongruencia es que la conservación de recursos, como la protección ambiental implica un horizonte de largo plazo. Por tanto, esta visión cortoplacista de los gobiernos tendrá que cambiar ya que los conflictos socio - ambientales, al demandar un acceso más equitativo a los recursos y medidas para reducir los impactos ambientales, están poniendo en evidencia esta contradicción entre desarrollo y sustentabilidad.

Más aún, mientras el modelo de desarrollo produce inequidades y asimetrías sociales, las políticas demandan a la población no solo hacer abstracción de esta realidad, sino que existe la tendencia de considerar a los pobres como principales causantes del deterioro ambiental.

Finalmente, en aras de una gestión ambiental más eficaz y eficiente sobre el uso de los recursos naturales como institucionales, más aún, en el logro del objetivo de las políticas ambientales, como gestión de cooperación del desarrollo sustentable, es imperioso orientar las políticas ambientales de forma estratégica hacia el logro sustancial de la sustentabilidad ambiental; se trata entonces, de garantizar el progreso y mejoramiento continuo, en tiempo y

espacio de la calidad, cantidad y disponibilidad del stock natural de las naciones.

1.5. El Cambio Climático y calentamiento global

Investigaciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)³⁷ proponen que el incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero estimula el incremento de la temperatura de la atmósfera de la Tierra y los océanos.

Por lo anterior, existirá una perturbación en los patrones climáticos y los niveles del mar, afectando con ello la calidad de vida humana y la de los ecosistemas al mismo tiempo de provocar y acrecentar los problemas económicos en muchos países. Si se mantiene al mismo ritmo el crecimiento de la emisión de gases en la atmósfera los niveles actuales de estas se dice “llegarán a duplicarse, comparados con la época preindustrial, durante el siglo XXI. Si no se toman medidas es posible hasta triplicar la cantidad antes del año 2100”.³⁸

Es por ello que se ostenta cada vez más la inquietud de la sociedad en su conjunto ante la magnitud del agotamiento de los recursos naturales y el deterioro ambiental; al mismo tiempo que se pone en énfasis la exigencia de políticas e instrumentos que fortalezcan las propuestas de conservación y el aprovechamiento sustentable de los acervos y capitales naturales.

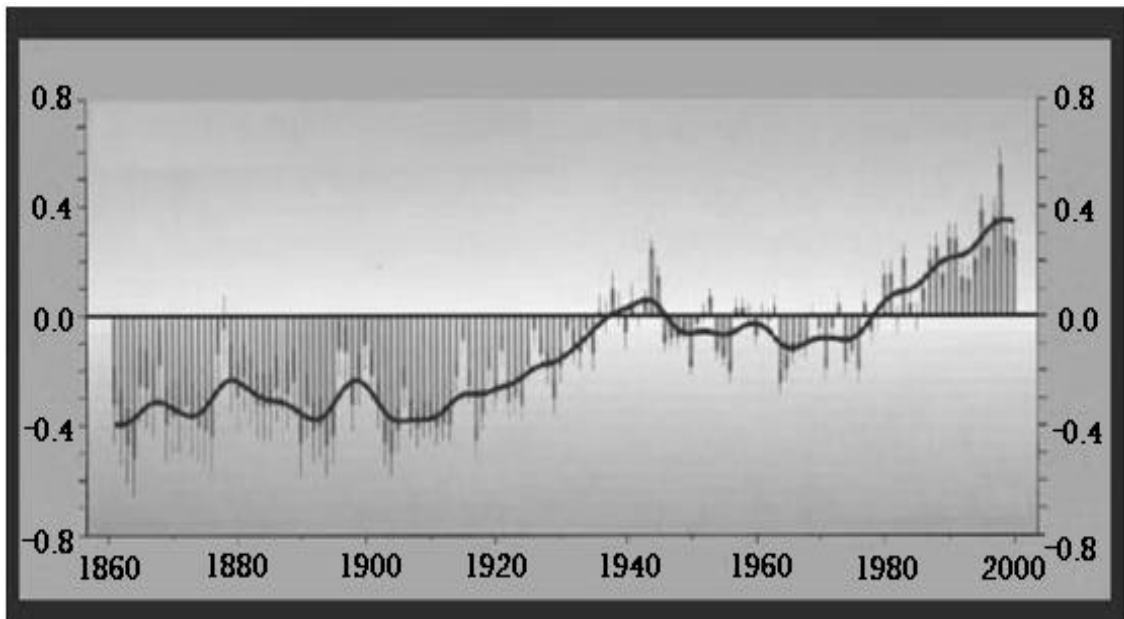
Hoy por hoy, uno de los principales retos ambientales a nivel mundial es la disminución del impacto del cambio climático, la mayoría de las investigaciones en este sentido señalan que *el planeta se esta calentando a un ritmo más*

³⁷ IPCC. (*Intergovernmental Panel on Climatic Change. Panel Intergubernamental de Cambio Climático*). Esta organización fue creada en 1988 por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas y por la Organización Mundial Meteorológica. Su objetivo se centra en la recopilación de información asociada al cambio climático global.

³⁸ Gallardo M. A. (2006). *Calentamiento Global. Cambios Climáticos. Problemas Ambientales. Efecto Invernadero, Causas y Discusión*. Obtenida el día 03 de junio de 2006, de <http://www.CambioClimaticoGlobal.com>

vertiginoso que en cualquier otra era durante los últimos 10,000 años³⁹, en consecuencia tal calentamiento global es ocasionado por cada vez mayores cantidades de bióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera de la tierra.

Figura 1: Incremento en la temperatura a nivel global



Fuente: Corbo Camargo, Fernando (2004). *Introducción a la investigación. Cambios Climáticos en el último siglo*. Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de www.geociencias.unam.mx

De la figura anterior se desprende que el incremento en la temperatura ha sido acelerado en los últimos años; se muestra un sostenido crecimiento entre principios del siglo y 1940. Entre ese año y 1970 se registra un leve descenso, sin embargo durante las décadas de 1980 y 1990 la temperatura volvió a incrementarse a una tasa similar a la que se registró a principios del siglo.

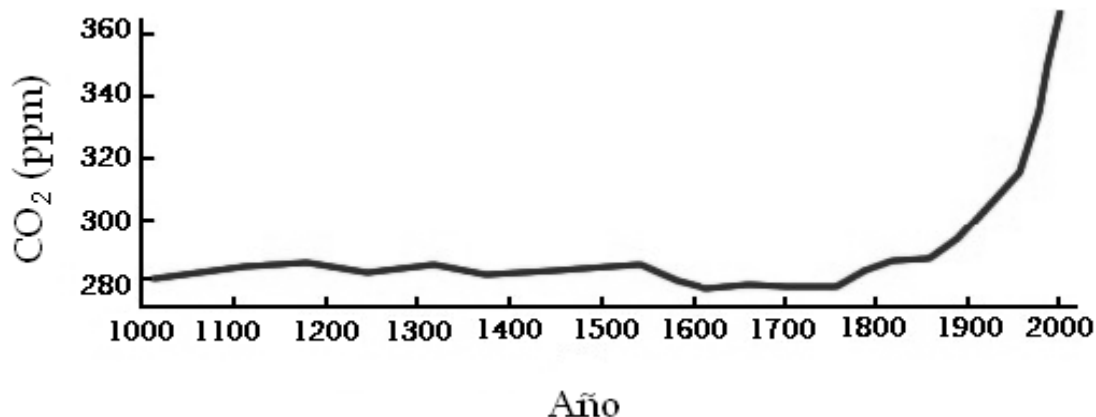
Por lo tanto, en la medida que se sigue incrementando aceleradamente la temperatura sobre la tierra se sabe los cascos polares se derretirán. En este sentido el calor del sol cuando llega a los polos tiende a ser reflejado hacia el

³⁹ Brett, Orlando; David Baldock; Sonja Canger. (2003). *Programa de Conservación de Bosques de UICN*. Medios de Vida y Paisajes. Revista: Carbono, Bosques y Gente. Publicado por UICN, Serie N°1. Gland, Suiza y Cambridge.

espacio, por tanto, si se derriten los cascos polares entonces será menor el calor que se refleje, en consecuencia la tierra se calentará aún más.

A continuación también mostraremos como varía el CO₂, en el último milenio y en las últimas décadas, el aumento del mismo también ha provocado grandes aumentos en la temperatura de nuestro planeta, lo que denominan el efecto invernadero.

Gráfica 1: Variación del CO₂ en el último milenio



Fuente: Corbo Camargo, Fernando (2004). *Introducción a la investigación. Cambios Climáticos en el último siglo*. Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de www.geociencias.unam.mx

El aumento del CO₂ registrado en el último segmento del milenio pasado ha sido debido a la emisión de combustibles fósiles y a la deforestación. Se estima en un 30% la disminución de las áreas forestales, convertidas en tierras de usos agrícolas y ganaderos⁴⁰.

De no tomar medidas que aminoren el impacto de dicho efecto invernadero, el impacto del calentamiento global será fatal sobre la naturaleza y la sociedad, especialmente en los países en vías de desarrollo, por lo que urge tomar medidas al respecto. Sin embargo, “mantener los servicios y la calidad del

⁴⁰ Corbo Camargo, Fernando (2004). *Introducción a la investigación. Cambios Climáticos en el último siglo*. Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de www.geociencias.unam.mx/~roman/bol-e/bol-e1_files/105.htm

capital natural es una actividad que implica costos, por tanto, los montos de inversión en esta actividad serán valiosos para la economía si los rendimientos (medidos en términos de ganancia global) exceden a los rendimientos de inversiones alternativas; costos de oportunidad para mantener el capital natural”.⁴¹ **Esto es que, desde una perspectiva económica, implica que la categoría de sustentabilidad tendría un sentido económico siempre y cuando el valor económico del capital natural no exceda el costo de oportunidad de mantenerlo.**

Por tanto, el valor económico del ecosistema depende de su integridad ecológica. Es decir, hay un límite de sustentabilidad ambiental para cualquier desarrollo económico y social. Esto es que la sustentabilidad no puede ser un objetivo que se busque después de realizar el objetivo de maximizar el crecimiento económico.

Será fatal el impacto del calentamiento global sobre la naturaleza y la sociedad, especialmente en los países en vías de desarrollo, a menos que se tomen medidas concertadas con el objeto de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El Cambio Climático Global, es un cambio que se le ha imputado directa o indirectamente a las actividades humanas las cuales perturban la composición global atmosférica, bajo dicho supuesto se llevara a cabo este estudio.

Uno de los mayores impactos de las actividades del ser humano es el calentamiento global. Aunque no hay nada concluyente al respecto, versiones existentes sobre la causa del incremento de la temperatura terrestre, afirman por un lado que se debe a un gran ciclo normal del planeta, por otro lado y la versión más aceptada sugiere que se debe a las emisiones contaminantes de

⁴¹ Borrayo López Rafael (2002). *Sustentabilidad y desarrollo Económico*. Editorial MacGraw-Hill. Pág. 70

gases efecto invernadero asociado a las actividades humanas del hombre concretamente tras la Revolución Industrial.

A partir de esta etapa donde el hombre comenzó a producir bienes en masa en grandes fabricas que utilizaban energía del carbón y siendo más tarde, del petróleo, gas natural y electricidad, también empezó a contaminar a gran escala, por lo que en los últimos 200 años nos hemos dedicado a quemar combustibles fósiles no renovables en cantidades cada vez más grandes, con lo que se ha liberado a la atmósfera una gran cantidad de gases contaminantes.

Si bien es cierto que antes de la Revolución Industrial no existían los altos niveles alarmantes de contaminación, tampoco había trenes, coches, luz eléctrica, fábricas, teléfonos, televisores, etc.

Es en la atmósfera donde se ha generado la principal transformación, esto es, se cambia y se sigue cambiando el balance de gases que forman la atmósfera.

Figura 2: Efecto invernadero



Fuente: Instituto Nacional de Ecología (2006). *Cambio Climático en México*. Obtenido el día 3 de junio de 2006. cambio_climatico.ine.gob.mx/.../figurapeinv.jpg

Tal cambio en la atmósfera se debe esencialmente a la presencia de gases invernadero claves como el CO₂, Metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Estos gases naturales son menos de una décima de un 1% del total de gases de la atmósfera⁴², no obstante son significativos dado que actúan como una "frazada" alrededor de la Tierra. En ausencia de esta capa la temperatura mundial sería 30°C más baja.

La problemática en este sentido es que tal "frazada" se este engrosando, a través de la quema de carbón, petróleo y gas natural que liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera.

Algunas de las causas de liberación de bióxido de carbono, se dan cuando por ejemplo, tálamos bosques y quemamos madera, entonces reducimos la absorción de CO₂ realizado por los árboles y simultáneamente se libera dióxido de carbono contenido en la madera.

Por lo anterior surge una preocupación a nivel global ante la magnitud del agotamiento de los recursos naturales y el deterioro ambiental; al mismo tiempo que se pone en énfasis la exigencia de políticas e instrumentos que fortalezcan las propuestas de conservación y el aprovechamiento sustentable de los acervos y capitales naturales

1.5.1. Teorías que explican el Cambio Climático Global

Las teorías existentes sobre el calentamiento global han sido motivo de discusión, algunas señalan que las emisiones de gases efecto invernadero están contribuyendo al calentamiento de la atmósfera terrestre, hipótesis sobre la cual se basa este estudio, sin embargo, existen otras discusiones.

⁴² *Calentamiento Global. Cambios Climáticos. Problemas Ambientales. Efecto Invernadero, Causas y Discusión.* Op Cit.

1.5.1.1. Teoría de la variación solar

Tal es el caso de la teoría de la variación solar señalada por los estudios realizados de Willie Soon y Sallie Baliunas quienes “correlacionaron recuentos históricos de manchas solares con variaciones de temperatura, observaron que cuando han habido menos manchas solares, la Tierra se ha enfriado y que cuando han habido más manchas solares, la Tierra se ha calentado, aunque, el número de manchas solares solamente comenzó a estudiarse a partir de 1700”.⁴³

1.5.1.2. Teoría del efecto Tunguska

Otra hipótesis a la explicación del calentamiento global supone bajo el estudio de Vladimir Shaidurov de la Academia Rusa de Ciencias, que tal incremento en la temperatura aparentemente comienza entre 1906 y 1909, atribuyéndolo al evento Tunguska, que ocurrió en una parte alejada de Siberia, al noroeste del lago Baikal, el 30 de junio de 1908.⁴⁴

El evento de Tunguska fue una explosión aérea de alta potencia ocurrida sobre el río Podkamennaya Tunguska (Siberia, Rusia) el día 30 de junio de 1908. Se dice que la energía liberada se ha establecido, mediante el estudio del área de aniquilación, en aproximadamente 10 o 15 megatones.

Shaidurov propone que tal explosión hubiera causado "considerables efectos en las altas capas de la atmósfera cambiando su estructura". Por lo anterior, es que se le atribuye a este evento la modificación en la temperatura de la atmósfera terrestre.

1.5.1.3. Teoría del Calentamiento Global por Gases Efecto Invernadero

Svante Arrhenius (1859-1927) fue un científico Sueco y primero en anunciar en 1896 que los combustibles fósiles podrían dar lugar o acelerar el calentamiento

⁴³ Wikipedia. Enciclopedia Libre. (2006). *Calentamiento Global*. Obtenida el día 5 de agosto de 2006, de http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global Calentamiento Global

⁴⁴ Carletti. E. J. (2006). *Quieren culpar a Tunguska del calentamiento global*. Obtenida el día 31 de julio de 2006, de <http://axxon.com.ar/not/160/c-1600179.htm>.

de la tierra. Instituyó una relación entre concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y temperatura; así mismo, estableció “que la media de la temperatura superficial de la tierra es de 15°C debido a la capacidad de absorción de la radiación Infrarroja del vapor de agua y el Dióxido de Carbono”.⁴⁵

Lo anterior es el llamado efecto invernadero natural, Arrhenius propuso que “una concentración doble de gases de CO₂ provocaría un aumento de temperatura de 5°C”.⁴⁶ Sin embargo, Thomas Chamberlin estableció el vínculo del calentamiento global y las actividades humanas, las cuales contribuirían al aumento de la temperatura mediante la adición de dióxido de carbono a la atmósfera.

Para 1940 se produjeron desarrollos en las mediciones de radiaciones de onda larga, comprobándose que el aumento del bióxido de carbono en la atmósfera provoca una mayor absorción de radiación infrarrojo. Por su parte Gilbert Plass concluye que “la adición de dióxido de carbono a la atmósfera capta la radiación infrarroja que se perdería a la atmósfera externa y al espacio, provocando un sobrecalentamiento de la tierra”.⁴⁷

En los años finales de la década de los cincuenta y principio de 1960, Charles Keeling usaba la tecnología más avanzada para producir curvas de concentración de CO₂ atmosférico en la Antártica⁴⁸, las cuales se dice fue la prueba más grande sobre el calentamiento de la tierra.

En los años 1980, la curva de temperatura media anual global comienza a aumentar, con lo que las ONG medioambientales comienzan a establecer la necesidad de protección global del medio ambiente para prevenir un calentamiento global de la tierra.

⁴⁵ Lenntech (2006). *Historia sobre el efecto invernadero y calentamiento global de la tierra*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de <http://www.lenntech.com/espanol/Efecto-invernadero/Historia-calentamiento-global.htm>

⁴⁶ *Ibíd.*

⁴⁷ *Ibíd.*

⁴⁸ *Ibíd.*

En 1988 se reconoce finalmente que el clima es más caliente que antes de 1880, reconociéndose la teoría del efecto invernadero, lo cuál dio origen al Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) por el Programa medioambiental de las Naciones Unidas y la Organización Mundial Meteorológica.

1.5.1.4. Otras teorías sobre calentamiento global

La que dice que el incremento en la temperatura actual es predecible a partir de la teoría de los Ciclos de Milankovitch, según la cual, los cambios graduales en la órbita terrestre alrededor del Sol y los cambios en la inclinación axial de la Tierra afectan a la cantidad de energía solar que llega a la Tierra.

Otra hipótesis señala que el calentamiento se encuentra dentro de los límites de variación natural y no necesita otra explicación particular. Y que el calentamiento es una consecuencia del proceso de salida de un periodo frío previo, la Pequeña Edad de Hielo y no requiere otra explicación.⁴⁹

1.6. El Compromiso Político a nivel mundial como respuesta al Cambio Climático Global

El cambio en la temperatura de la atmósfera terrestre probablemente es la primordial amenaza sobre el ambiente a nivel global. Esta afirmación resulta de las investigaciones realizadas por parte de científicos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)⁵⁰, se sabe que desde el inicio de la revolución industrial, las concentraciones de dióxido de carbono se han incrementado en aproximadamente un 30%, las concentraciones de metano se han más que duplicado y las de óxido de nitrógeno se han incrementado en un 15%.

⁴⁹ Wikipedia. Enciclopedia Libre. (2006). *Calentamiento Global*. Obtenida el día 5 de agosto de 2006, de http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global Calentamiento Global

⁵⁰ El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Sus atribuciones comprenden: i) evaluar la información científica y socioeconómica disponible sobre el cambio climático y su impacto, así como las opciones para mitigar el cambio climático y la adaptación al mismo, y ii) proporcionar, previa solicitud, asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, de las UN (CMCC).

Así mismo, se estima que para 2100 de no tomarse medidas adecuadas que ayuden a reducir significativamente las emisiones contaminantes, *las concentraciones de dióxido de carbono serán de 30-150% más que los niveles actuales.*⁵¹

Por esta razón es que a nivel mundial se han creado compromisos políticos. En 1853 en Bruselas tuvo lugar una conferencia la cuál se ocupó de las condiciones climatologías y atmosféricas. Para 1872 se estableció la Comisión Meteorológica Internacional, la cual se encargó de la creación de la organización Meteorológica Internacional (OMI), la cuál se estableció en 1878 como organismo no intergubernamental. Si embargo la actual Organización Meteorológica Mundial (OMM⁵²) fue creada en 1949, por la OMI.

Breve reseña histórica:

- Agosto de 1853 Bruselas: Primer Conferencia Meteorológica Internacional
- Septiembre de 1873 Viena: Se estableció la Organización Meteorológica Internacional (OMI) como órgano no intergubernamental
- Febrero de 1946 Londres: Se realiza la Conferencia Extraordinaria de Directores de los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN)
- Septiembre de 1947 Washington: Conferencia de directores, donde se aprueba la OMM
- Marzo de 1950: Entra en vigor la OMM
- Diciembre de 1951: Organismo de Naciones Unidas

La Primer Conferencia Mundial realizada en 1979, sobre el clima reconoció como un problema al cambio climático, el resultado de la conferencia fue el

⁵¹ Gallardo M. A. (2006). *Calentamiento Global. Cambios Climáticos. Problemas Ambientales. Efecto Invernadero, Causas y Discusión*. Obtenida el día 03 de junio de 2006, de <http://www.CambioClimaticoGlobal.com>

⁵² La OMM fue establecida según el preámbulo de su Convenio Constitutivo para coordinar, uniformar y mejorar las actividades meteorologías mundiales y para promover un eficiente intercambio de informaciones meteorológicas entre países para ayuda de las actividades humanas. Es un Organismo Especializado de Naciones Unidas

emitir una declaración con el fin de convocar a los gobiernos del mundo a “controlar y prever potenciales cambios en el clima provocados por el hombre que pudiesen resultar adversos al bienestar de la humanidad”. Así mismo, avaló los planes para establecer un Programa Climático Mundial, bajo la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Consejo Nacional para las Ciencias.

A fines de los 80’s e inicios de los 90’s se llevaron a cabo algunas conferencias intergubernamentales que se centraron en el cambio climático. En estas reuniones se abordaron temas tanto científicos como políticos convocando a la acción a nivel mundial. Los eventos realizados fueron:

- Conferencia Villach en octubre de 1985
- Conferencia de Toronto junio de 1988
- Conferencia de Ottawa febrero de 1989
- Conferencia de Tata febrero de 1989
- Acuerdo del Cairo de diciembre de 1989

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC⁵³) publicó su Primer Informe de Evaluación en 1990. Creado en 1988 por el PNUMA y la OMM, el Grupo fue establecido con el mandato de evaluar el estado de conocimiento existente sobre el sistema climático y el cambio climático; los impactos sobre el medio ambiente, económicos, y sociales del cambio climático; y las posibles estrategias de respuesta.

Una vez aprobado, el informe confirmó la evidencia científica sobre el impacto del cambio climático. Con ello se proporcionaron las bases para las

⁵³ IPCC. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático se forma en 1988, por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), a fin de contribuir a la solución de los problemas que podría generar el calentamiento global. El IPCC, conformado por más de 2000 científicos, proveen información respecto al estado del conocimiento en torno al Cambio Climático, así como reportes e informes técnicos en temas específicos necesarios para el correcto funcionamiento de los organismos del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

negociaciones de las Convención sobre el Cambio Climático. Para diciembre de 1990, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó el comienzo de las negociaciones para elaborar un tratado.

El Comité Intergubernamental de Negociación para la Convención Marco sobre el Cambio Climático se reunió entre febrero de 1991 y mayo de 1992. Enfrentados a una fecha tope (junio de 1992, la Cumbre de la Tierra en Río) los negociadores de 150 países debieron concluir la Convención en solamente 15 meses. La misma fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático fue firmada por 154 países (además de la CE) en Río de Janeiro.⁵⁴

Años después de la Declaración de Estocolmo de 1972 la cual establecería las primeras bases de la política ambiental, la Cumbre de la Tierra se transformó entonces en la mayor reunión de Jefes de Estado.

Otros acuerdos adoptados en Río fueron la Declaración de Río, la Agenda XXI, el Convenio sobre Diversidad Biológica y los Principios Forestales. La Convención entró en vigencia el 21 de marzo de 1994. Esto fue 90 días después de recibir el quincuagésimo Instrumento de Ratificación (después de firmar una convención, los gobiernos están obligados a ratificarla).⁵⁵

Finalmente, con base a los trabajos realizados por el IPCC, la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima llevada a cabo en Ginebra, 1990, condujo a las Naciones Unidas a adoptar la Resolución 45/212, de 21 de diciembre de 1990, sobre la Protección del Clima Global para las Generaciones Actuales y Futuras.⁵⁶

Esta resolución estableció el Comité Intergubernamental de Negociación con el mandato de preparar un Convención Marco de las Naciones Unidas sobre

⁵⁴ Cordelim. Promoción del Mecanismo del Desarrollo Limpio. *Calentamiento Global*. Obtenido el día 05 de junio de 2006, de www.cordelim.net/cordelim.php

⁵⁵ *Ibíd.*

⁵⁶ *Ibíd.*

Cambio Climático (CMNUCC)⁵⁷ que sería presentado a la firma en Río de Janeiro durante la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992.

1.6.1. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC⁵⁸) surgió en respuesta al incremento de la evidencia científica sobre el posible cambio climático a nivel global, asociado a las actividades humanas las cuales se sabe son las causantes de tal cambio en la temperatura producto de las emisiones contaminantes.

Fueron puestos a la firma de los países miembros en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, denominada "Eco 92" y también conocida como "Cumbre de la Tierra" (ya que comprendió a las Convenciones sobre cambio climático y sobre diversidad biológica). En sus conclusiones, conocidas como "Declaración de Río" se establece que "cuando existen amenazas de daño serio o irreversible, la incerteza científica no debe ser utilizada para posponer medidas costo-efectivas para prevenir la degradación ambiental".⁵⁹ La CMNUCC entró en vigor una vez cumplido el proceso de ratificación por al menos cincuenta de los países miembros (o "Partes de la Convención").

⁵⁷ El objetivo final de la Convención es "lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible".

⁵⁸ La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático tiene por objetivo reducir el total de las emisiones de gases contaminantes (GEI) a un nivel inferior en menos de 5% al registro en 1990. La meta es lograr dichas reducciones entre el año 2008 y el 2012, período que se ha denominado como "primer período de compromiso". Los estatutos de la CMNUCC fueron aprobados el 9 de mayo de 1992 en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York por el comité intergubernamental. Instituto Nacional de Ecología.

⁵⁹ Cordelim. Op Cit.

En ella se registra a un grupo de países como los que más han ayudado a la emisión de GEI⁶⁰, a quienes se les ha llamado "responsables históricos" del calentamiento global. Este grupo de países compone el Anexo I de la Convención, y está formado por los miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) o "países desarrollados", y los ex-integrantes del bloque soviético, denominados "países en transición a una economía de mercado".

El objetivo del artículo 2 de la convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.⁶¹

Los miembros de la OCDE conforman además el Anexo II de la Convención. Mediante la CMNUCC los países del Anexo I se habían comprometido formal y voluntariamente a reducir sus emisiones de GEI a los niveles del año 1990 cuando llegara el año 2000, así como a ayudar financiera y técnicamente a los países en desarrollo para adoptar tecnologías "limpias" en materia energética e industrial. Asimismo, todos los países se comprometieron a formular y gestionar planes nacionales sobre mitigación del cambio climático, así como a realizar y presentar a la Convención inventarios periódicos actualizados de sus fuentes de emisiones antropogénicas y de sus sumideros (mecanismos de remoción de GEI de la atmósfera).

⁶⁰ GEI: constituyentes gaseosos de la atmósfera, naturales o antrópicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja. Según el Protocolo de Kyoto, ellos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de azufre (SF₆), acompañados por dos familias de gases, hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs).

⁶¹ Poder Legislativo de Uruguay. *Convenio Marco de las Naciones unidas sobre Cambio Climático*. Obtenido el día 23 de Agosto de 2006, de <http://www.parlamento.gub.uy/htmlstat/pl/convenciones/conv16517.htm>

La CMNUCC se basa en los siguientes principios:

- Las partes (o países que conforman la CMNUCC) deben proteger el sistema climático para el beneficio de las generaciones presentes y futuras, con base a la equidad y a la responsabilidad común pero diferenciada.
- Las necesidades específicas y circunstancias especiales de los países en desarrollo, especialmente de aquellos más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, deben ser tomadas en especial consideración.
- Las partes deben tomar medidas precautorias para anticipar, prevenir o minimizar las causas del cambio climático.
- Las Partes tienen derecho al desarrollo sostenible y deberían promoverlo. Las políticas y medidas para proteger el sistema climático contra el cambio inducido por el ser humano deberían ser apropiadas para las condiciones específicas de cada una de las Partes y estar integradas en los programas nacionales de desarrollo, tomando en cuenta que el crecimiento económico es esencial para la adopción de medidas encaminadas a hacer frente al cambio climático.
- Las partes deben cooperar en la promoción de un sistema económico internacional que contribuya al crecimiento económico sostenible y el desarrollo de todas las partes. Las medidas para combatir el cambio climático no deben constituir un medio para la discriminación o la restricción del comercio internacional.

Las principales aportaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático son las siguientes:

- Se reconoce la existencia del problema.
- Se establece la necesidad de estabilizar las emisiones de GEI a un nivel que evite una interferencia peligrosa de las actividades humanas en el sistema climático.

-
- Se advierte de la necesidad de conseguir este objetivo antes de que sea “demasiado tarde”
 - Se reconoce la responsabilidad de los países desarrollados en el problema, y por tanto se pide a estos países el mayor esfuerzo en la estabilización de las emisiones de GEI.
 - Se apuesta por el desarrollo sostenible y la educación de los ciudadanos en materia de cambio climático.

Los países en transición a una economía de mercado, tienen cierto grado de flexibilidad para implementar sus compromisos. Los países ricos suministrarán “recursos financieros nuevos y adicionales” y facilitarán la transferencia de tecnología.

Los así llamados países del Anexo II financiarán el “costo total acordado” en que incurran los países en desarrollo para presentar sus comunicaciones nacionales. Estos fondos deben ser “nuevos y adicionales” y no una redirección de fondos para asistencia al desarrollo, ya existentes.⁶²

Las Partes del Anexo II también ayudarán a financiar otros proyectos relacionados con la Convención, promoverán y financiarán la transferencia, o el acceso a las tecnologías ecológicamente racionales, en particular a las Partes que son países en desarrollo.

La Convención reconoce que la medida en que los países en desarrollo, parte de la Convención, implementen sus compromisos, dependerá de la asistencia financiera y técnica que reciban de los países desarrollados.

Atribuciones de la Convención

- Establecer instrumentos y mecanismos, promover la gestión sostenible y demás circunstancias que hagan posible alcanzar la estabilización de las

⁶² Corderim. *Cambio Climático*. 03 de Junio de 2006, de <http://www.cordelim.net/cordelim>

concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que no interfiera peligrosamente en el sistema climático.

Los Compromisos Esperados

- Se espera establecer como principio la necesidad de compartir el cambio climático. Así mismo, los países desarrollados relacionados en el Anexo I de la Convención les corresponden asumir un cierto número de responsabilidades exclusivas en función de sus responsabilidades históricas.
- Destaca la adopción de políticas y medidas que tengan como objetivo final la mitigación del cambio climático mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero o por la protección y expansión de sumideros.

El Mecanismo Financiero

- La Convención estableció la necesidad de la definición de un mecanismo para la dotación de recursos financieros a título de donación o como concesión, inclusive para transferencia de tecnología bajo la orientación y coordinación de la Conferencia de las Partes, cuyo funcionamiento deberá ser confiado a una o más entidades internacionales.

Por otra parte, la Convención estableció la "Conferencia de las Partes" (COP) como el órgano supremo de la Convención, que debe tomar las decisiones necesarias para promover la efectiva implementación de aquella y el logro de sus objetivos.

El Órgano supremo de la Convención es la Conferencia de las Partes (COP).⁶³ La COP incluye a todos los estados que han ratificado o aceptado la

⁶³ La COP es responsable de mantener el proceso en su conjunto en marcha. Además de los dos órganos subsidiarios establecidos en el marco de la Convención, el Órgano Subsidiario de Ejecución (SBI) y el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico (SBSTA), la COP puede crear nuevos Órganos para ayudarla en su trabajo, como lo hizo en su primera sesión. La COP analiza los informes de estos órganos y los orienta. También debe acordar y adoptar, por consenso, reglas de procedimientos y reglas financieras para sí misma y los órganos subsidiarios.

Convención (185 hasta julio de 2001). Ésta celebró su primera reunión (COP-1) en Berlín en 1995 y ha continuado reuniéndose anualmente. El papel de la COP es promover y revisar la implementación de la Convención, para lo cual, revisará en forma periódica los compromisos existentes a la luz del objetivo de la Convención, los nuevos hallazgos científicos, y la efectividad de los programas nacionales para el cambio climático.

A continuación se refieren los principales avances obtenidos en las once conferencias de las partes (COP) que se realizaron entre 1995 y 2005.

Primer Conferencia de las Partes **COP-1**: Mandato de Berlín. En la Primer Conferencia de las Partes (COP-1)⁶⁴ en Berlín, el resultado principal fue la adopción del llamado “Mandato de Berlín”, en el cuál se instituyeron objetivos precisos de limitación de Emisiones del Convenio, estableciendo un proceso de negociación de un instrumento legal que asumiera obligaciones concretas de limitación de Emisiones de Gases Efecto invernadero para después del año 2000, citándose los años 2005, 2010 y 2020.

En diciembre de 1995 se publicó el Segundo Informe de Evaluación del IPCC, en el que se afirma que “el balance de las pruebas sugiere una influencia humana perceptible en el clima mundial”, lo que supone un importante avance en la consideración del problema por encima de las incertidumbres científicas que aún subsisten.

En este Segundo Informe destacan la evaluación de las alternativas de estabilización de la concentración de gases a distintos niveles (y sus implicaciones en términos de la emisión global de tales gases), así como el análisis de las tecnologías disponibles y de las posibles políticas de mitigación.

⁶⁴ La COP comprende a todos los estados que han ratificado o aceptado la Convención (185 hasta julio de 2001). El papel de la COP es promover y revisar la implementación de la Convención. Para lo cual, revisará en forma periódica los compromisos existentes a la luz del objetivo de la Convención, los nuevos hallazgos científicos, y la efectividad de los programas nacionales para el cambio climático. Artículo 2 de Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Obtenido el día 06 de Junio de 2006, de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.p>

A pesar de la extensa información que proporciona al respecto, el IPCC no entra a definir qué es nivel peligroso, debido a la importancia de las consideraciones políticas que subyacen en esta definición.

COP-2⁶⁵: Ginebra, Suiza: La COP-2 se celebró en Ginebra en 1996, y tuvo como objetivo principal el conseguir el apoyo político al Segundo informe del IPCC, debido a la importancia prevaeciente para las negociaciones posteriores dentro del Convenio.

- Se firma la Declaración de Ginebra comprendiendo el acuerdo para la creación de obligaciones legales con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂, a celebrarse en la Tercera Conferencia de las Partes (COP-3), en Kyoto, Japón.
- Evaluación final presentando las siguientes convergencias:
 - ✓ constitución de una base científica, en el sentido de presionar a las naciones a efectuar acciones fuertes y urgentes, en el ámbito global, regional y nacional:
 - ✓ establecimiento de metas obligatorias significativas de reducción global de emisiones, como clave de respuesta, prioritariamente a las naciones relacionadas en el Anexo I de la Convención, incumbiéndole a las demás Partes apoyar el respectivo desarrollo.

COP-3: Kyoto, Japón: La COP-3 se realizó entre el 1 y el 12 de diciembre de 1997, en Kyoto, Japón en esta reunión participaron delegados, observadores y periodistas. El resultado de este encuentro fue el Protocolo de Kyoto, el cual fue adoptado por consenso. El Protocolo es un acuerdo legalmente vinculante bajo el cual los países industrializados deben disminuir sus emisiones colectivas de seis GEI en un 5,2% para el período 2008-2012, calculado como promedio en este periodo de cinco años, ayudando de esta manera a las Partes a reducir las emisiones en forma costo-efectiva mientras se promueve el

⁶⁵ UNFCCC – COP-2. *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Segundo Período de Sesiones, celebrado en Ginebra en julio de 1996*. Obtenido el día 06 de Junio de 2006, de <http://unfccc.int/resource/docs/spanish>

desarrollo sostenible, el Protocolo incluye tres “mecanismos”: el Mecanismo de Desarrollo Limpio, un Régimen de Comercialización de Emisiones, y la Implementación Conjunta.

La COP3⁶⁶ también consideró la financiación, la transferencia de tecnología y el análisis de la información en el marco de la Convención.

- Contó con la presencia de representantes de más de 160 países con miras al cumplimiento del Mandato de Berlín adoptado en 1995.
- Celebrado con el compromiso de 39 países desarrollados, el Protocolo de Kyoto incluye metas y plazos relativos a la reducción o limitación de las emisiones futuras de dióxido de carbono y otros gases responsables por el efecto invernadero, excepto aquellos ya controlados por el Protocolo de Montreal.

También establece medidas necesarias para el cumplimiento de las metas, atribuyendo un énfasis a las obligaciones por parte de las naciones industrializadas, las cuales, a su vez, requirieron una garantía de participación significativa de los países en vías de desarrollo.

El Protocolo estableció tres mecanismos para asistir a las Partes del Anexo I en el logro de sus objetivos nacionales de un modo costo-efectivo:⁶⁷

- a. El comercio de emisiones entre países desarrollados, el cual consiste en la transferencia de reducciones de carbono entre países industrializados basadas en compras de derechos de emisión a países que están por debajo de sus cuotas. Las

⁶⁶ UNFCCC – COP-3. *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Tercer Período de Sesiones, celebrado en Kyoto del 1º al 11 de diciembre de 1997. Medidas adoptadas por la conferencia de las partes en su tercer período de sesiones.* Obtenido el día 06 de Junio de 2006, de <http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop3/g9860818.pdf>.

⁶⁷ Eugen C. Lorenzo. (1994). *Publicación de las Naciones Unidas*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humano. Naciones Unidas. CEPAL. Serie: Medio Ambiente y Desarrollo: El Mercado de Carbono en América Latina y el Caribe: Balance y Perspectivas. Santiago de Chile, marzo 1994. Pág. 11

unidades de venta se denominan: Assigned Amount Units (AAU's).

- b. El mecanismo de Implementación Conjunta, sustentado en la transferencia de créditos de emisiones entre países desarrollados, es un mecanismo basado en proyectos, permitiendo acreditar unidades de reducción de emisiones a favor del país inversor en proyectos de reducción de carbono. Las unidades de venta se denominan: Emission Reduction Units (ERU's).
- c. El tercer mecanismo corresponde al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo es el único que involucra a países en desarrollo. El MDL permite que proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de "Certificados de Emisiones Reducidas" (CER's), mitigando la emisión o secuestrando gases de efecto invernadero de la atmósfera.

El Protocolo de Kyoto permite que los participantes reduzcan las emisiones en sus países de origen o bien, favorecerse de los llamados mecanismos flexibles⁶⁸ (Comercio de Emisiones, el Desarrollo Limpio y la Aplicación Conjunta), así mismo cuantificar el carbono absorbido por los llamados sumideros⁶⁹ como los bosques o las tierras de cultivo. Se establece que se impondrán sanciones a aquellos países que no cumplan sus objetivos.

El Protocolo no ha generado todavía mayores compromisos con los países en vías de desarrollo más allá de los acordados *en la convención de la ONU sobre*

⁶⁸ Mecanismos Flexibles: se refiere al mercado de carbono con el cual se negocian las imposiciones de emisiones contaminantes. Mecanismos de Desarrollo Limpio: Inversiones de los países en desarrollo para proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo para obtener créditos para asistir los requerimientos sobre reducciones asignados.

⁶⁹ Sumidero: Cualquier proceso, actividad o mecanismo que remueva gases de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de la atmósfera. Es posible alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de Kyoto plantando bosques que retengan la suficiente cantidad de emisiones de dióxido de carbono en un país.

*el clima, celebrada en 1992,*⁷⁰ donde se concertó que los países industrializados, como principales emisores de los gases que ocasionan el calentamiento de la tierra, fueran los primeros en adoptar medidas para controlar las emisiones.

COP-4: El Plan de Acción de Buenos Aires, Argentina: La COP-4, celebrada en Buenos Aires en 1998, adoptó un Plan de Acción de dos años para finalizar los detalles pendientes del Protocolo. Para asegurar que el acuerdo se encuentre totalmente operativo cuando entre en vigor, los gobiernos acordaron como fecha límite la COP-6 para decidir cómo funcionarán estos mecanismos. El Plan también abordó el tema del cumplimiento, políticas y medidas, y temas relacionados con la Convención como la transferencia de tecnologías favorables al clima hacia los países en desarrollo.

- El principal resultado de la reunión fue la creación de un plan de trabajo denominado Plan de Acción de Buenos Aires, cuya fecha límite deberá ser el año 2000, para que se pongan en práctica las principales reglas y cuestiones técnicas y políticas, como también la revisión de los conflictos referentes a la aplicación del Protocolo de Kyoto.
- Hubo una reiteración internacional para el cumplimiento de las metas asumidas en Kyoto.
- Fue ratificada la necesidad de considerar las actuales emisiones de contaminantes y el concepto de responsabilidad histórica de las emisiones.

Los criterios que serán definidos permitirán distinguir entre los países que contribuyen con las emisiones desde el inicio de la Revolución Industrial de aquellos que recientemente iniciaron su desarrollo industrial.

COP-5: Bonn y **COP-6:** Haya: La COP-5, desarrollada en Bonn en 1999, instituyó un cronograma violento para completar el trabajo del Protocolo. Esto

⁷⁰ WWF. *Protocolo de Kyoto*. Obtenido el día 03 de Junio de 2006, de <http://www.wwf.es/protocolo%20kioto.pdf>.

incluyó instaurar el proceso a seguir por parte de los negociadores en los siguientes 12 meses. Otras decisiones resolvieron temas sustantivos importantes. Por ejemplo, se logró un acuerdo sobre cómo mejorar el rigor de los informes nacionales de los países industrializados y cómo fortalecer las guías para medir las emisiones de los GEI. También se tomaron medidas para abordar los cuellos de botella en la entrega y la consideración de las comunicaciones nacionales de los países en desarrollo.

La COP-6 adoptó un acuerdo político amplio sobre las normas operativas del Protocolo. La COP-6, reunida entre el 6 y el 25 de noviembre de 2000 en La Haya, realizó avances en dar forma a un paquete de apoyo financiero y de transferencia tecnológica para asistir a los países en desarrollo, a que contribuyan a la acción global sobre el cambio climático.

Pero los temas políticos clave, incluyendo el sistema internacional de comercio de emisiones, el mecanismo de desarrollo limpio, las reglas para la contabilización de la reducción de las emisiones en los sumideros de carbono, y el régimen de cumplimiento, no pudieron ser resueltos en el tiempo disponible.

Por este motivo se suspendió la sesión, que se reanudó algunos meses después en Bonn, entre el 16 y el 27 de julio. Esta vez las Partes fueron capaces de resolver sus diferencias sobre los grandes principios y adoptaron los Acuerdos de Bonn. Estos Acuerdos proporcionaron orientación política sobre el avance en la implementación de la Convención y la redacción de la normativa operativa detallada del Protocolo.

En Julio del 2001, el IPCC publicó su Tercer Reporte de Evaluación (TAR). Los resultados presentados en el TAR demostraron que los reportes previos habían sido conservadores. Los científicos, utilizando nuevos modelos de prospectiva, predijeron un calentamiento de 1.4 a 5.8 °C entre 1990 y 2100⁷¹. El resultado más relevante del TAR fue que los nuevos resultados científicos

⁷¹ Corderim. *Cambio Climático*. 03 de Junio de 2006, de <http://www.cordelim.net/cordelim>

proporcionaron una evidencia convincente de la relación entre las actividades humanas y el calentamiento global.

COP-7: Los acuerdos de Marrakech: La COP-7 tuvo lugar en Marrakech, Marruecos, del 29 de Octubre al 9 de Noviembre del 2001. Alrededor de 170 países representados por sus respectivas delegaciones, llegaron a un acuerdo final en el paquete de decisiones, esto sirvió para establecer las Reglas y Modalidades para la implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto. Adicionalmente, en esta reunión se pudo elegir a los miembros de la Junta Ejecutiva para el MDL, y el establecimiento de sus obligaciones en relación con la CMNUCC, el Protocolo y el MDL.

COP-8: Nueva Delhi y **COP-9:** Milán: La COP-8 se realizó en Nueva Delhi, India, del 23 de Octubre al 1ero de Noviembre del 2002. Aunque se llegó a un acuerdo sobre la Declaración de Delhi, no se eliminaron las dicotomías, entre desarrollados y no-desarrollados.

Las Partes acordaron sobre disposiciones y procedimientos para el MDL, concluyeron directrices sobre informes y revisiones y proporcionaron orientación adicional al Fondo de los países menos desarrollados. Estos pasos importantes posibilitarán la implementación de la CMNUCC y el Protocolo. Aunque la Declaración de Delhi no inició un diálogo formal sobre la ampliación de compromisos futuros, las discusiones informales ya se iniciaron.

Durante la **COP-9** realizada en Diciembre del 2003 en Milán, Italia, se abordaron un gran número de detalles relevantes para la interpretación del Protocolo de Kyoto. Se lograron interesantes avances con respecto a los proyectos de sumideros (forestación y reforestación) bajo el MDL y del Fondo Especial de Cambio Climático para regiones vulnerables.

COP- 11. Montreal Canadá. Del 28 de noviembre al 9 de diciembre de 2005 se realizó en Montreal la décimo primera Conferencia de las Partes (COP-11) de la Convención sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, la misma que se llevó a cabo conjuntamente con la Primera Reunión de las Partes del

Protocolo de Kyoto. Esta conferencia fue un evento histórico no solo porque se reunieron las partes de la Convención sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas sino por la entrada en vigencia del Protocolo de Kyoto.

La conferencia de las partes trató temas referentes a los cumplimientos de compromisos, informes de los órganos subsidiarios y decisiones, además de aspectos administrativos y organizacionales. Un tema incluido en la agenda provisional fue el propuesto por Papúa Nueva Guinea referente a la reducción de emisiones derivadas de la deforestación en los países en desarrollo: enfoques para estimular la acción.⁷²

El problema del cambio climático y la preocupación que ha generado el incremento del efecto invernadero se ha reflejando en la celebración de numerosas conferencias internacionales. El resultado más visible hasta este momento ha sido el compromiso de reducción de emisiones establecido por el Protocolo de Kyoto en 1997, el cual se vio opacado por la negativa de Estados Unidos (responsable directo de más de la cuarta parte de emisiones globales) a respetar lo acordado en Kyoto.

Estados Unidos viene rechazando la idea de formalizar acuerdos obligatorios conducentes a la disminución de emisiones alegando que su economía está basada en la explotación de combustibles fósiles, que son altamente contaminantes y que una disminución de la contaminación también supondría una contracción de la actividad económica y, por tanto, un impacto negativo en el nivel de bienestar de su población. Otro argumento utilizado es el de la falta de confiabilidad en las contabilidades nacionales de los países receptores de inversión dentro del marco de los mecanismos de desarrollo limpio y la corrupción presente en dichos países.

La lógica del protocolo es en principio razonable, esto es, si históricamente los países ricos industrializados han producido la inmensa mayoría de la contaminación, no sólo de gases de invernadero, es justo que sean quienes

⁷² Jara, Luis Fernando. Profafor (2006). *Cero Carbono*. Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de <http://www.profafor.com/pdfs/boletin12.pdf>.

hagan también el mayor esfuerzo. Pero mientras los países ricos vayan bajando las emisiones (si lo logran), estas pueden ir aumentando en otros. Esto será cierto no sólo por el propio crecimiento de la industrialización, sino también porque algunos países ricos pueden elegir, por ejemplo, instalar generadoras de energía eléctrica en países que no tienen esta restricción, burlando así los propósitos del tratado.

Pese al argumento anterior, es necesario señalar que el Protocolo de Kyoto es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos, por tanto, los mecanismos de desarrollo limpio en los que se establece la comercialización de la obligación de limpiar el ambiente es un paso adelante, y de no existir este esquema, estaríamos ante la misma situación de contaminación por parte de los países industrializados, pero sin compensar a quien contribuye a limpiar al ambiente como hoy se establece mediante estos mecanismos.

En este apartado se desarrolló el marco teórico dentro del cual se intenta analizar que deben ser compatibles tanto el crecimiento económico como el desarrollo sustentable. Además, se intenta desarrollar la idea de que el crecimiento económico no solamente es compatible con el desarrollo sustentable, sino que también es necesario para generar los recursos para el desarrollo y prevenir la degradación ambiental. Implicando la explotación racional y consciente de los recursos naturales a tasas que no impidan la regeneración de los ecosistemas.

Se realizó un breve análisis de las críticas a la economía de mercado, del significado que tiene la economía ambiental señalando que es un marco teórico en el que se puede analizar el fenómeno económico-ambiental como un problema clásico de asignación de recursos escasos entre fines alternos, en su versión dinámica, retomando el concepto de Externalidad el cuál ha sido utilizado para tratar temas de contaminación y efectos negativos, dando lugar a modelos que cuantifican el daño para valorar posibles compensaciones ya sea a través de impuestos o bien de otro tipo de medidas.

Como resultado, este concepto retomado de la economía neoclásica, aplicado a la economía ambiental, surge la noción de pagos por servicios ambientales que no es más que el aplicar el concepto de externalidad positiva e internalizar el beneficio para la colectividad en la valoración económica de este beneficio, como es el servicio ambiental por captura de carbono, tema que se intenta desarrollar dentro del presente análisis.

Con el análisis realizado dentro de este apartado y con las opiniones vertidas en torno a este tema, llegamos a la conclusión de que el desarrollo económico no debe exceder los límites ambientales, es decir, la capacidad de recarga de los ecosistemas, ya que cuando esto sucede, nos encontramos en presencia de externalidades lo cual puede frenar el crecimiento económico, por lo tanto, sí existe un límite de sustentabilidad para cualquier desarrollo económico, en consecuencia, la sustentabilidad no podrá ser un objeto que se busque después de realizar el objetivo de maximización del crecimiento económico. Argumento con el cual podemos decir que se comprueba nuestra primera hipótesis.

Consecutivamente, se intenta examinar la problemática actual del cambio climático global, así como las distintas teorías existentes en torno a esta discusión, destacando la teoría del calentamiento global por emisión de gases efecto invernadero, y lo que se ha realizado a nivel mundial como respuesta al cambio climático. Lo que nos llevará a explicar el surgimiento del mercado de bonos de carbono a través del Protocolo de Kyoto, para así poder conocer si nuestro país tiene posibilidades de insertarse a este mercado internacional mediante el aprovechamiento de sus recursos forestales, al aprovechar la coyuntura internacional de los llamados bonos verdes, lo cual se tratará de desarrollar en el siguiente capítulo.

- CAPÍTULO 2 -

El Mercado de Bonos de Carbono y el Protocolo de Kyoto.

“Las advertencias que se dan sobre el cambio climático, parecen ser como tácticas ambientalistas para cambiar nuestra forma de vida actual. Pero estos cambios son hechos que están ocurriendo en este mismo momento. Los mismos se manifiestan dejando marcas, estas marcas pueden ser geográficas, ecológicas (flora y fauna) y climáticas. La temperatura de nuestro planeta es 0.6 °C más elevada que en siglo pasado y los lugares más fríos y apartados como la Antártida y Alaska se han calentado mucho más. Los hielos se están derritiendo, la flora y la fauna en algunas regiones está cambiando por el calor, estas no son proyecciones, son hechos que están ocurriendo”....¹

2.1. Gases Efecto invernadero y la visión del Protocolo de Kyoto

En Diciembre de 1997 con la consolidación del Protocolo de Kyoto para la reducción de gases contaminantes, que se sabe son fuente primordial del calentamiento global que tiene sus impactos sobre el entorno natural de la humanidad, se firma el protocolo con el fin último de reducir la velocidad a la cual se está calentando nuestro planeta.

Una vez ratificado se considera dentro del protocolo a seis gases como los contribuyentes al efecto invernadero: anhídrido carbónico (o dióxido de carbono): CO₂; metano: CH₄; óxido nitroso: N₂O, los hidrofluorocarbonos: PFCs y hexafluorato de azufre: SF₆.

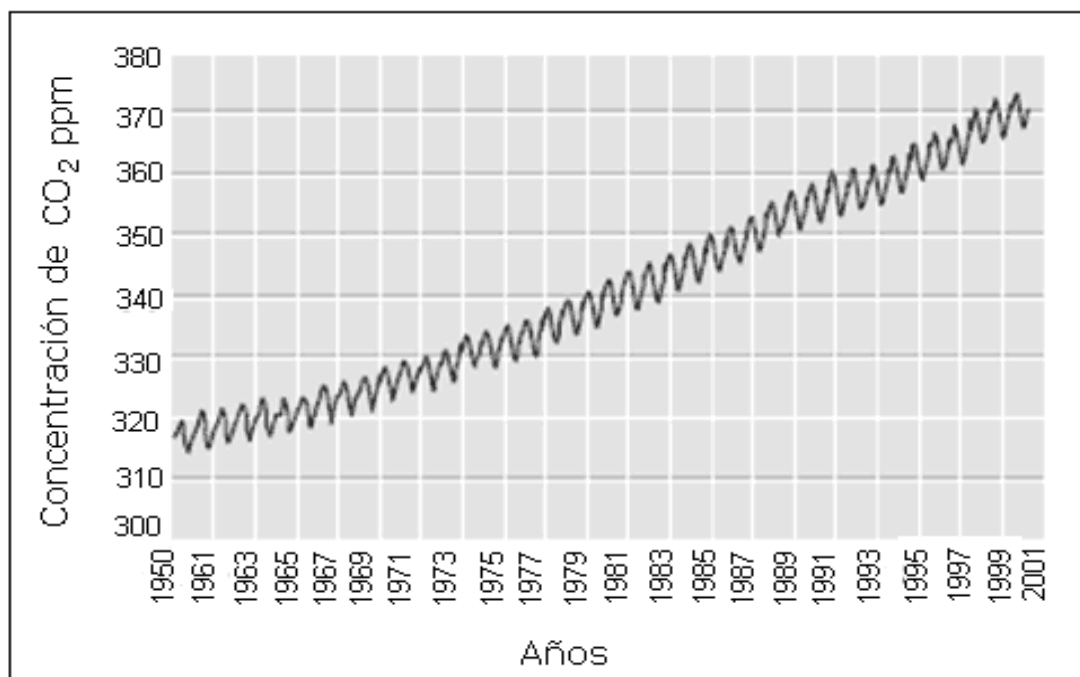
¹ Corbo Camargo, Fernando (2004). *Introducción a la investigación. Cambios Climáticos en el último siglo*. Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de www.geociencias.unam.mx/~roman/bol-e/bol-e1_files/105.htm

Tabla 1: Principales gases contaminantes

ELEMENTO	CAPTURA	GENERACIÓN
Dióxido de carbono (CO ₂)	Océanos, Forestación	Quema de combustibles fósiles, procesos industriales, agricultura, deforestación y quema de biomasa.
Metano (CH ₃)	N/D	Ganadería, emisiones fugitivas, desechos sólidos, quema de combustibles fósiles.
Óxido nitroso (N ₂ O)	N/D	Fertilizantes nitrogenados, transporte, procesos industriales, otros.
Ozono (O ₃)	N/D	Contaminación urbana.
Clorofluorocarbonos (CFC)	N/D	Refrigeración, aire acondicionado, procesos industriales.
Vapor de Agua (H ₂ O)	N/D	Tráfico aéreo
Dióxido de azufre (S ₂ O)	N/D	Plantas termoeléctricas y otras plantas industriales.
Sulfuro de Hexafluorido (SF ₆) Hidrofluorocarbonos (HFC) Perfluorocarbonos (PFC)	N/D	Usado como aislante eléctrico, conductor de calor y agente de congelación

Fuente: Gallardo M. A. (2006). *Cambio Climático Global*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de <http://www.cambioclimaticoglobal.com/cambio1.html>

Gráfica 2: Bióxido de carbono en la atmósfera



Fuente: Gallardo M. A. (2006). *Cambio Climático Global*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de <http://www.cambioclimaticoglobal.com/cambio1.html>

De la gráfica anterior podemos ver que ha existido un incremento incesante de bióxido de carbono vertido a la atmósfera, a través del tiempo. En este sentido, debido a las actividades humanas, la cantidad de CO₂ liberada a la atmósfera ha estado aumentando enormemente durante los últimos 150 años². Como resultado, se ha excedido la cantidad absorbida por la biomasa, los océanos y otros sumideros.

Al mismo tiempo, sabemos que ha habido un aumento de la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera de alrededor de 280 ppm³ en 1850 a 364 ppm en 1998, principalmente debido a las actividades humanas durante y después de la revolución industrial, que empezó en 1850⁴.

Con la elaboración del protocolo se intenta obligar a los países del mundo a reducir sus emisiones contaminantes que producen el denominado efecto invernadero, a pesar de que algunos países aún no han ratificado con el compromiso descrito dentro del protocolo, este pasa a ser un tratado internacional el cuál actualmente es la base para que los países a nivel mundial empiecen a preocuparse y ocuparse, al tiempo de establecer un sistema de intercambio de permisos, un nuevo mercado, permitiendo a países contaminantes cumplir con sus obligaciones comprando permisos de emisiones por parte de países que contaminan menos o bien invertir en proyectos encaminados a descontaminar como lo es a través de la absorción de gases contaminantes como el CO₂.

No obstante, aunque se elaboren modelos que determinen las políticas adecuadas y coherentes con el desarrollo sustentable, es necesario que se formen las instituciones capaces de establecer programas de control de emisiones con garantías que se mantengan en el tiempo y de encargarse de establecer las transferencias y compensaciones que se consideren adecuadas. No tiene sentido que los modelos busquen las políticas globales adecuadas si

² Lenntech (2007). *Bióxido de Carbono*. Obtenido el día 09 de Julio de 2007 de, [/www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)

³ Ppm. Partículas por millón.

⁴ Ibíd.

no existen instituciones con la capacidad de aplicarlas. Por lo que es urgente la adopción de compromisos internacionales que vayan más allá del protocolo de Kyoto y de las Conferencias de las Partes respecto a su aplicación. Más aún, la financiación del paso a un desarrollo sustentable debe correr a cargo de quienes han acumulado esta deuda a lo largo de muchos años. Los pobres están sufriendo y sufrirán más los impactos del cambio climático, los países ricos tienen la obligación de pagar la deuda ecológica contraída al haber expropiado y destruido el derecho de los países pobres a un clima no deteriorado.

Por último, si bien es cierto que el reparto en función de la emisión per cápita actual, como se establece en los acuerdos alcanzados, premia fuertemente a los que más ha contribuido al problema, lo que es claramente injusto; también es cierto que pese a la injusticia descrita anteriormente, tenemos que recordar que los mecanismos de desarrollo limpio en los que se establece la comercialización no de los derechos a contaminar si no de la obligación de limpiar el ambiente, es un avance y como tal tiene que resaltarse pues de no existir este esquema, estaríamos ante la misma situación de contaminación por parte de los países industrializados, pero sin compensación alguna a quien contribuye a limpiar al ambiente como hoy se establece mediante estos mecanismos.

El mismo Protocolo en su Artículo 3 **Compromisos Cuantificados de Limitación o Reducción de Emisiones de Partes Anexo I** establece que:

1. Las Partes incluidas en el anexo I se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero enumerados en el anexo A no excedan de las cantidades atribuidas a ellas, calculadas en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones consignados para ellas en el anexo B y de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo, con miras a reducir el total de sus emisiones de esos

gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

2. Cada una de las Partes incluidas en el anexo I deberá poder demostrar para el año 2005 un avance concreto en el cumplimiento de sus compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo.

3. Las variaciones netas de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que se deban a la actividad humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación desde 1990, calculadas como variaciones verificables del carbono almacenado en cada período de compromiso, serán utilizadas a los efectos de cumplir los compromisos de cada Parte incluida en el anexo I dimanantes del presente artículo.

Dentro del Protocolo se establecieron tres mecanismos para asistir a las Partes del Anexo I para el logro de sus objetivos nacionales de un modo costo-efectivo⁵:

a. El comercio de emisiones entre países desarrollados, el cual consiste en la transferencia de reducciones de carbono entre países industrializados basadas en compras de derechos de emisión a países que están por debajo de sus cuotas. Las unidades de venta se denominan: Assigned Amount Units (AAU's).

b. El Mecanismo de Implementación Conjunta, basado en la transferencia de créditos de emisiones entre países desarrollados, es un mecanismo basado en proyectos, permitiendo acreditar unidades de reducción de emisiones a favor del país inversor en proyectos de

⁵ Eugen C. Lorenzo (1994). *Medio Ambiente y Desarrollo: El Mercado de Carbono en América Latina y el Caribe: Balance y Perspectivas*. Publicación de las Naciones Unidas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Marzo 1994. Pág. 11

reducción de carbono. Las unidades de venta se denominan: Emission Reduction Units (ERU's).

c. El tercer mecanismo corresponde al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo es el único que involucra a países en desarrollo. El MDL permite que proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de "Certificados de Emisiones Reducidas" (CER's), mitigando la emisión o secuestrando gases de efecto invernadero de la atmósfera.

El Protocolo de Kyoto permite que los participantes reduzcan las emisiones en sus países de origen o bien, favorecerse de los llamados mecanismos flexibles⁶ (Comercio de Emisiones, el Desarrollo Limpio y la Aplicación Conjunta), así mismo cuantificar el carbono absorbido por los llamados sumideros⁷ como los bosques o las tierras de cultivo. Se establece que se impondrán sanciones a aquellos países que no cumplan sus objetivos.

El Protocolo no ha generado todavía mayores compromisos con los países en vías de desarrollo más allá de los acordados *en la convención de la ONU sobre el clima, celebrada en 1992*,⁸ donde se concertó que los países industrializados, como principales emisores de los gases que ocasionan el calentamiento de la tierra, fueran los primeros en adoptar medidas para controlar las emisiones.

⁶ Mecanismos Flexibles: se refiere al mercado de carbono con el cual se negocian las imposiciones de emisiones contaminantes. Mecanismos de Desarrollo Limpio: Inversiones de los países en desarrollo para proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo para obtener créditos para asistir los requerimientos sobre reducciones asignados.

⁷ Sumidero: Cualquier proceso, actividad o mecanismo que remueva gases de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de la atmósfera. Es posible alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de Kyoto plantando bosques que retengan la suficiente cantidad de emisiones de dióxido de carbono en un país.

⁸ WWF. *Protocolo de Kyoto*. (2006) Obtenido el día 03 de Junio de 2006, de <http://www.wwf.es/Protocolo%20Kioto.pdf>

2.1.1. El Protocolo de Kyoto y los bosques

Tanto la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) como el Protocolo de Kyoto consideran obligaciones generales sobre los bosques que se emplean a todos los países miembros. Estos tendrán que promover la ordenación forestal sostenible y la cooperación en la conservación y el cuidado de los bosques como sumideros y depósitos de gases de invernadero, así mismo, se tendrán que comprometer a promover la forestación y la reforestación, así como las energías renovables. Considerarán a los bosques como parte de inventarios nacionales de emisiones y absorciones de gases de invernadero, en la transferencia de tecnología y en los programas nacionales de adaptación al cambio climático.

Es en este sentido que, tanto la forestación como la reforestación son definidas por la CMNUCC como la conversión directa provocada por seres humanos de tierras no boscosas a tierras boscosas mediante la plantación, siembra y/o la promoción humana de fuentes naturales de semillas.⁹

Con la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto y sus disposiciones, no solamente se obligará a los países industrializados a reducir sus emisiones contaminantes, sino que también tenderá a favorecer el desarrollo sostenible en los países en vías de desarrollo. Conforme al Protocolo, los bosques desempeñan una función esencial como fuente y sumideros de carbono ya que tiene la capacidad de absorber y retener dióxido de carbono que se libera a la atmósfera.

Por su parte, a través del mecanismo llamado de Ejecución Conjunta, los países industrializados y los países con economías en transición pueden realizar conjuntamente proyectos de compensación de gases de invernadero que impliquen forestación, reforestación u ordenación forestal. Algunas o todas las compensaciones de gases de invernadero realizadas en los bosques del

⁹ Brett, Orlando; David Baldock; Sonja Canger (2003). "Programa de Conservación de Bosques de UICN". Medios de Vida y Paisajes. Revista: Carbono, Bosques y Gente. Publicado por UICN, Serie N°1. Gland, Suiza y Cambridge. Pág. 14

país receptor se transfieren al país inversor sobre la base de acuerdos contractuales.

El punto nodal de los proyectos enmarcados dentro de este mecanismo es el promover el desarrollo sustentable en los países receptores mediante la inversión y mediante la transferencia de conocimientos y tecnologías. También son factibles proyectos del MDL unilaterales en el país receptor y la venta futura de créditos.

A través de los Mecanismo Flexibles del Protocolo, los países que tengan que cumplir con sus compromisos adquiridos dentro del mismo, podrán compensar una cantidad limitada de sus emisiones, invirtiendo en países en desarrollo que apuesten en proyectos encaminados a captura de carbono, con lo cuál el país recibirá por la cantidad de carbono que se fije reducciones certificadas (**CERs**) de sus emisiones, susceptibles de transacción. Por lo tanto queda convertida en mercancía el carbono adquiriendo un valor monetario a precios actuales del mercado de bono verdes, adicionalmente la población rural ubicada dentro del proyecto podrá tener beneficio por la siembra de estos árboles¹⁰.

Por lo tanto, los bosques se han convertido en un importante componente de las negociaciones internacionales sobre el cambio climático, debido a su habilidad para absorber bióxido de carbono en la atmósfera. Es por ello que algunos países, como Estados Unidos, Canadá, Australia, Japón, Nueva Zelanda y Rusia, proponen que el carbono capturado a través de actividades agrícolas o forestales cuente con valor monetario.

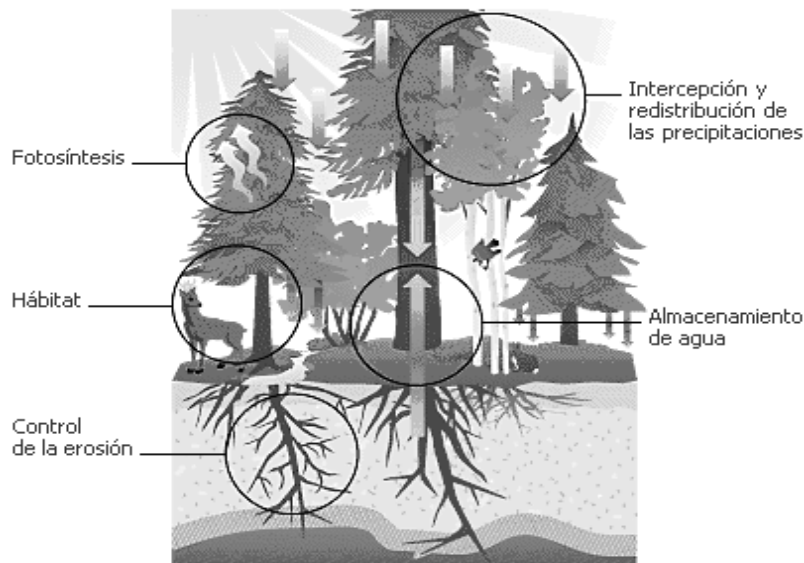
2.1.1.1 Bosques y Captura de Carbono

En los bosques existen gran diversidad de plantas y animales, que necesitan respirar el oxígeno que los árboles liberan. Sabemos que los bosques impiden la erosión, esto es, el desgaste del suelo por el viento y la lluvia, de forma que las hojas interceptan y distribuyen la precipitación de manera adecuada, de

¹⁰ *Ibíd.*

modo que se asegura que el suelo y el agua no sean arrastrados de forma inmediata cuando se tienen fuertes lluvias. Más aún, las raíces de los árboles sujetan el suelo impidiendo que se lleguen a dar inundaciones. También los bosques tienen la capacidad de incrementar la capacidad de la tierra para capturar y almacenar reservas de agua. Procesos que se observan en la siguiente figura.

Figura 3. Función biológica de los bosques.



Fuente: Microsoft Encarta (2006). *Vegetación y Bosques*. Obtenido el día 06 de Junio de 2006.

Sabemos además, que la masa forestal desempeña un papel esencial en el ciclo del carbono, ya que almacena enormes cantidades de éste en la vegetación y suelo, intercambiándolo con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, son a su vez fuentes de carbono atmosférico cuando son alterados por actividades naturales o humanas, por lo que se dice se convierten en sumideros durante el abandono de las tierras naturales tras la perturbación.

Por lo que, las alteraciones naturales o creadas por el hombre, motivan a que los bosques se conviertan en fuentes de CO₂, pero al mismo tiempo, algunas áreas de bosques aprovechados y degradados, son abandonados y vuelven de

forma ya sea natural o de rehabilitación, transformándose en sumideros de CO₂.

Por lo tanto, la captura de CO₂ en bosques aparece como un gran potencial para contribuir a la transición hacia el desarrollo sustentable. Por lo que tal interés emerge de la información cada día más alarmante sobre los efectos negativos por el calentamiento global, debido fundamentalmente a la emisión de GEI.

2.1.1.1.1 Ciclo del Carbono

La investigación en esquemas de captura de carbono por sistemas naturales se encuentra relacionada con el estudio del valor de las funciones ecológicas de los ecosistemas naturales. Aunque el concepto de ciclo de carbono en la naturaleza y la capacidad de absorción del suelo y los océanos ha sido conocido durante largo tiempo, no fue sino hasta 1976 que la idea de los bosques como "almacenadores" de las emisiones de combustibles fósiles fue propuesta por primera vez.¹¹

2.1.1.1.1.1 El Carbono

El carbono elemental existe en dos formas alotrópicas cristalinas bien definidas: diamante y grafito. El carbono elemental es una sustancia inerte, insoluble en agua, ácidos y bases diluidas, así como disolventes orgánicos. A temperaturas elevadas se combina con el oxígeno para formar monóxido o dióxido de carbono. Con el oxígeno forma tres compuestos gaseosos: monóxido de carbono, CO, dióxido de carbono, CO₂, y subóxido de carbono, C₃O₂. El carbono está presente en la atmósfera en un 0.03% por volumen como dióxido de carbono. Todas las plantas y animales vivos están formados de compuestos orgánicos complejos en donde el carbono está combinado con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros elementos.¹²

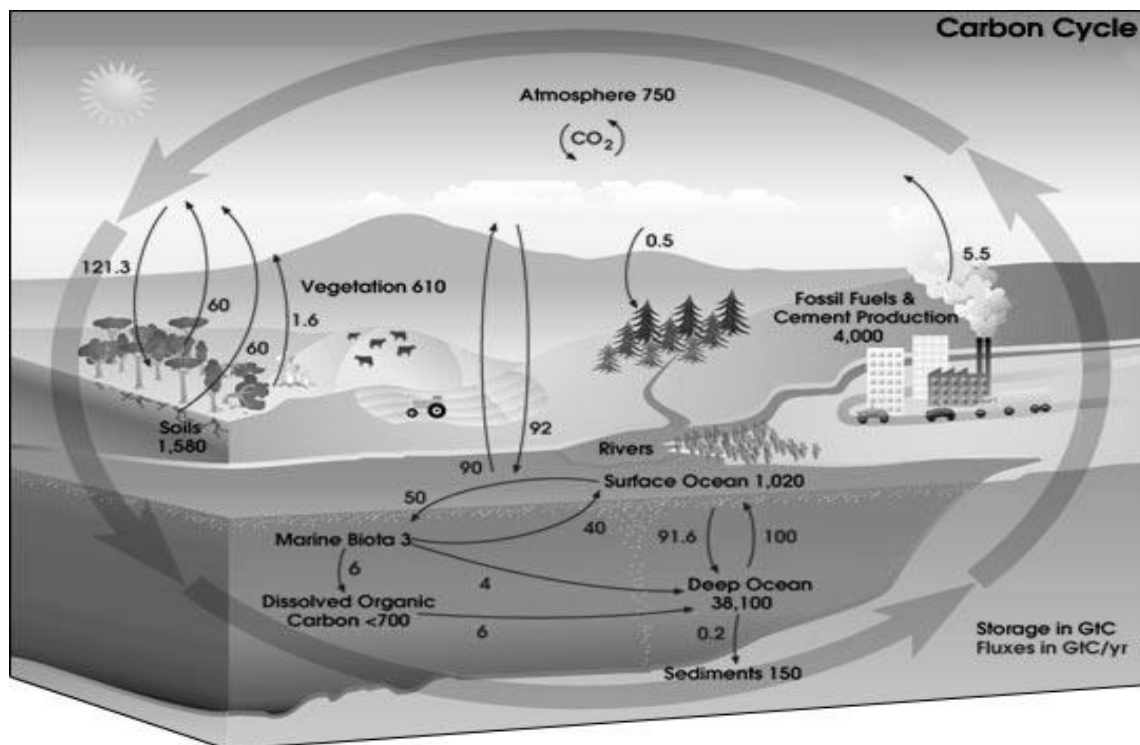
¹¹ Yañes Sandoval A. (2005). *Captura de Carbono en Bosques: ¿Una herramienta para la gestión ambiental?* Obtenido el día 10 de Junio de 2006, de www.ine.gob.mx

¹² Lenntech. *Carbono-C*. (n.d). Obtenido el día 15 de Junio de 2006, de <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/C.htm>

2.1.1.1.2 Ciclo biológico

El principal almacén de carbono sabemos es la atmósfera, este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO_2 ¹³, se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 20 años.

Figura 4: Ciclo del Carbono



Fuente: Wikipedia, Enciclopedia Libre. *Ciclo del Carbono.*
http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono

La vuelta de CO_2 a la atmósfera se hace cuando en la respiración los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO_2 . En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo. Es entonces, a través de la fotosíntesis que los árboles absorben CO_2 del aire, lo combinan con hidrógeno obtenido del agua a través del suelo usando la energía almacenada en los cloroplastos y a partir de ahí, se

¹³ Libro Electrónico *Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Ciclo del Carbono.* Obtenido el día 15 de Junio de 2006, de <http://www.tecnun.es/Asignaturas/ecologia/Hipertexto/04Ecosis/131CicC.htm>

sintetizan los carbohidratos que al combinarse con otros elementos satisface las necesidades básicas.

2.1.1.1.2 Absorción de carbono a través bosques

Los bosques son recursos forestales que constituyen ecosistemas complejos que pueden aportar una amplia gama de beneficios de orden económico, social y ambiental. Proporcionan productos y servicios que contribuyen directamente al bienestar de la población en todo el mundo y son vitales para nuestras economías y nuestro medio natural.

Producen servicios ambientales como el mantenimiento de las fuentes de agua, el hábitat de la diversidad biológica, la regulación del clima y el secuestro de carbono. Más aún, sirven como sitios turísticos y de recreación y son también importantes para las actividades socio cultural y religioso de algunos habitantes.

Los bosques y las tierras arboladas son indispensables para la vida humana, pero las valoraciones y las políticas forestales son muy diferentes entre distintos países y entre distintos grupos de personas dentro de un mismo país.

Problemática de los bosques

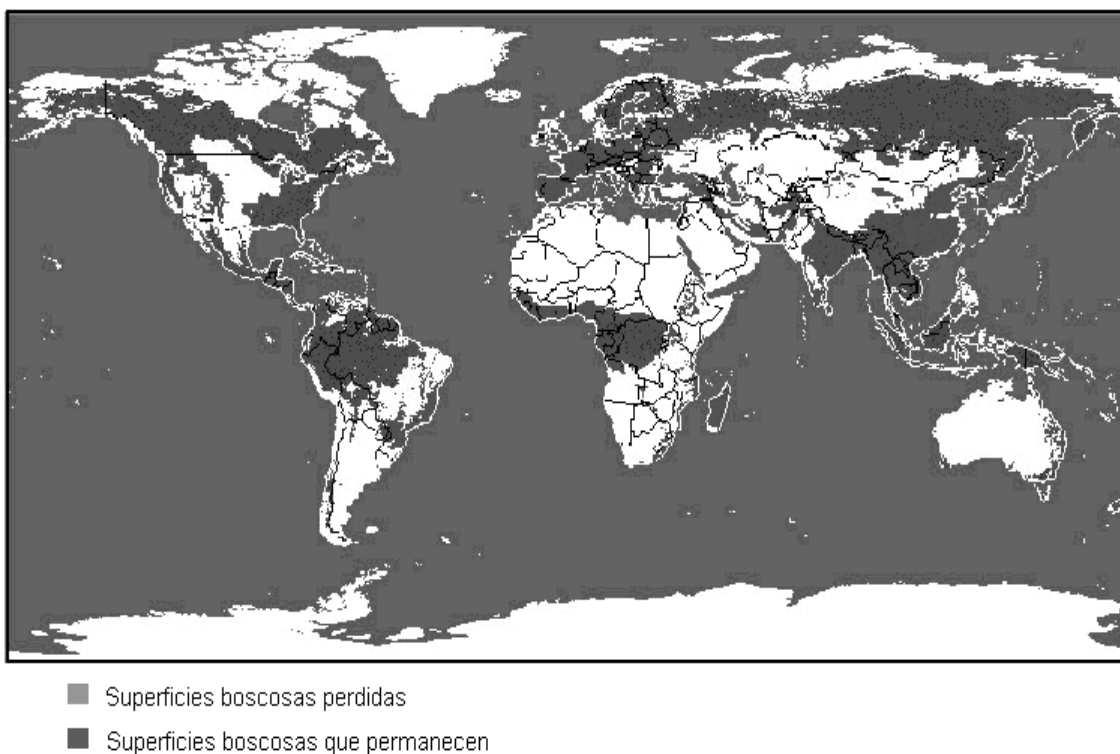
El principal problema que afecta al bosque es la deforestación, la cuál se da en primer lugar por la agricultura migratoria (apertura de terrenos agrícolas), la extracción ilegal (apertura de caminos y retiro de especies valiosas), y los incendios forestales.

Hace unos 10.000 años la mitad de la superficie del planeta estaba cubierta por bosques. Debido a la acción del hombre cada semana desaparece, a nivel mundial, una superficie forestal superior al equivalente a 325.000 campos de fútbol. La superficie de bosques existente en el mundo es de 3.870 millones de hectáreas, de acuerdo con un informe del 2001 de la Organización de Naciones

Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) sobre Situación de los Bosques del Mundo.¹⁴

Cada año se pierden 14,2 millones de hectáreas a causa de la deforestación, y se plantan 5,2 millones, lo cual implica una disminución neta anual de 9,4 millones de hectáreas.¹⁵ Cerca del 78 por ciento de los bosques primarios han sido ya destruidos y el 22 por ciento restante están amenazados por la extracción de madera, el 55% de la madera que se extrae anualmente se usa como combustible, ya sea leña o para producir carbón vegetal. Cerca de 2.000 millones de personas dependen de la leña y el carbón vegetal como fuente principal de combustible.

Figura 5: Deforestación mundial.



Fuente: Noticias sobre Ciencia y tecnología. Obtenido el día 3 de Enero de 2007 de, <http://www.cienciapopular.com>

¹⁴ Noticias sobre Ciencia y tecnología. Obtenido el día 3 de Enero de 2007 de, <http://www.cienciapopular.com>

¹⁵ Ibíd.

La figura anterior muestra la grave tendencia de deforestación de las áreas boscosas del mundo. Por lo que urgen medidas orientadas a impedir que se siga con dicha tendencia y resarcir los efectos nocivos causados por el consumo irracional de los recursos naturales.

Manejados adecuadamente, los bosques y selvas, pueden almacenar grandes cantidades de carbono, al fijarlo en la vegetación en pie y en los suelos forestales. Asimismo, el carbono se puede almacenar en los productos forestales que se obtienen del aprovechamiento de los recursos forestales. Dentro del manejo para capturar carbono, se sitúan las plantaciones, pues se demuestra adicionalidad al incrementar la superficie cubierta por bosques y la biomasa, mediante forestación, reforestación, agroforestería, forestación urbana, enriquecimiento y extensión de rotaciones.

2.1.1.2. Posturas ambientalistas y económicas de la captura de CO₂ en Bosques

Existen diversas discusiones sobre la viabilidad ambiental de los reservorios de carbono, por un lado tenemos las posturas ambientalistas que como Antonio Pita¹⁶ describe, según Ecologistas en Acción, “varias empresas eléctricas están financiando proyectos de reforestación en países del tercer mundo como Costa Rica o Uganda. El caso japonés es ilustrativo: desde 1998, compañías como Toyota, Kansai Electric Power, Oji Paper y Tokyo Electric Power han puesto en marcha al menos 23 proyectos de plantaciones, en su mayoría de eucaliptos, en seis países. La jugada es perfecta: estas empresas se presentan a la opinión pública como concienciadas defensoras del medio ambiente que dedican sus ingresos a la reforestación mientras acaban con la biodiversidad en la zona y alteran el hábitat natural de las comunidades indígenas”.¹⁷

¹⁶ Pita, Antonio. (2003). *La Trampa de los sumideros*. Agencia de Información Solidaria (AIS). España. Obtenido el día 09 de Julio de 2006, de http://www.lainsignia.org/2003/octubre/ecol_007.htm

¹⁷ WRM. (2000). Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. *Uganda: sumidero de carbono*. Obtenido el día 17 de Junio de 2006, de <http://www.wrm.org.uy/boletin/35/Uganda.html>

Bajo el mismo argumento WRM Movimiento Mundial por los Bosques tropicales (Uruguay) menciona que “al otorgar en concesión áreas para plantaciones de carbono por un lapso de 50 años, Noruega está hipotecando las opciones de cambio en el uso del suelo en el futuro. Las denominadas plantaciones para almacenamiento de carbono deben permanecer como tales en un futuro inmediato, privando así a las autoridades locales de la opción de utilizar esas áreas para otros fines, según sean las necesidades de la población”. Estas posturas ambientalistas proponen la intocabilidad de los bosques, es decir, la no utilización de estos como reservorios de carbono asumiendo que no deben ser usados como excusa para evitar emitir contaminantes.

Sin embargo, hoy en día sabemos, existen diversos instrumentos de gestión ambiental, de carácter económico, que permiten financiar proyectos y que, a su vez, dan mayor flexibilidad para cumplir con las obligaciones ambientales.

Dentro de ellos tenemos el Mercado de Bonos de Carbono donde a nivel internacional y mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto, los países desarrollados podrán cumplir con sus metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero materializando inversiones en proyectos que reducen dichas emisiones, especialmente relacionados con energía, transporte, agricultura y silvicultura, y manejo de residuos.

El sistema del mercado de bonos de carbono es un mecanismo a través del cual, permite a países desarrollados que deben reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero puedan cumplir con esta obligación invirtiendo en proyectos descontaminantes de naciones en vías de desarrollo, lo que abarata significativamente sus costos.

Esto significa que una empresa o proyecto que tienda a disminuir sus emisiones de dióxido de carbono podrá vender esta reducción a empresas de

países desarrollados que estén obligadas a emitir menos de estos gases, generando beneficios tanto económicos como ambientales.

De esta forma, se logra por un lado un efecto de descontaminación global y, por otro, la posibilidad que empresas puedan incorporar mejores tecnologías y procesos más limpios, que en la mayoría de los casos sería inviable sin un apoyo de este tipo.

Este doble beneficio es especialmente notorio en el caso de los proyectos de forestación y reforestación conocidos también como sumideros de carbono, que permiten recuperar suelos degradados mediante reforestación, generando al mismo tiempo recursos económicos.

2.2. Funcionamiento del mercado de bonos de Carbono dentro del Marco del Protocolo de Kyoto

Una vez firmado el Protocolo de Kyoto y alcanzados los Acuerdos de Marrakech, y con la ratificación del PK por parte de Rusia se pudo plasmar en hechos concretos las obligaciones de reducción de emisiones para los países industrializados.

A partir de entonces se comenzó a gestar el Mercado de Carbono debido a las expectativas de necesidades de permisos de emisión de los países integrantes del Anexo I, organizándose los mismos por regiones y países. Por lo que el funcionamiento global del sistema se establece de la siguiente forma: una vez acordadas las metas de reducción y ratificado el mismo en el año 2005, quedan asignados permisos de emisión de GEI para cada uno de los países signatarios del acuerdo¹⁸. Por lo tanto, los países firmantes son los responsables del cumplimiento de metas ante la CMNUCC. Una vez creado el nuevo mercado muchos países empezaron a comprar bonos para establecer una reserva de

¹⁸ Sotillo Lorenzo, José. (2006). *Cambio Climático, Desarrollo y Cooperación Internacional*. Universidad Complutense de Madrid. Obtenido el día 03 de Junio de 2006 de, <http://www.ucm.es>

éstos, además de crear oficinas normalmente llamadas Fondos de Carbono como un brazo del Ejecutivo especializado en el tema.

2.2.1. Mecanismos del Protocolo de Kyoto

En virtud del Protocolo y de las obligaciones suscritas en el acuerdo, se hace posible el cumplimiento a través de los mecanismos del protocolo.

El Protocolo incluye tres mecanismos los cuales permiten incrementar la mitigación del cambio climático. El costo de limitar las emisiones o ampliar la absorción varía de una región a otra, sin embargo, el resultado en la atmósfera es el mismo, cualquiera que sea el lugar donde se emprende la acción. Esto es lo que hace atractivo el mercado de carbono dado, que no importa donde se lleven a cabo iniciativas para disminuir los gases contaminantes.

2.2.1.1 El Mecanismo de Comercio de Emisiones entre países desarrollados

Comercio de Emisiones: Estas son actividades de comercio de derechos de emisión (Allowances o AAUs¹⁹) entre partes del Anexo I otorgadas conforme a las metas de reducción de emisiones. El comercio de emisiones está descrito en el Artículo 17 del Protocolo, mediante este mecanismo las Partes Anexo I podrán comprar o vender unidades de cantidad atribuida de emisiones entre ellas, para ayudarse en el cumplimiento de sus compromisos.²⁰ Toda operación de este tipo será suplementaria a las medidas nacionales que se adopten para cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones.

El sistema de comercio regulado en el Artículo 17 del Protocolo de Kyoto contempla **un instrumento ambiental** cuyas ventajas ambientales y la certidumbre sobre los resultados alcanzados, se encuentran dadas por el

¹⁹ Instrumentos de cumplimiento nacional para países del Anexo I entre 2008-2012.

²⁰ Colderim. (2006). Oficina Nacional de Promoción del Mecanismo del Desarrollo Limpio (MDL) de Ecuador. *Cambio Climático*. Obtenido el día 03 de Junio de 2006, de <http://www.cordelim.net/cordelim>.

establecimiento de una cuota total de derechos de emisión asignados, que representan el límite global de las emisiones autorizadas por el régimen.

Bajo este régimen, los países Partes del Anexo I, o aquellas personas jurídicas a las que éstos hayan autorizado, pueden intercambiar en el mercado, los distintos tipos de unidades contables reconocidos por el Protocolo de Kyoto, esto es, *Unidades de Reducción de Emisiones (UREs)*, fruto de proyectos de aplicación conjunta, *Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs)*, generadas por proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Cada una de las Partes del Anexo I tiene la obligación de crear lo que se conoce como "Reserva del Período de Compromiso", que consiste en mantener un nivel mínimo de unidades de emisión, que quedan excluidas del Comercio de Emisiones.

2.2.1.2 El Mecanismo de Implementación Conjunta

Implementación Conjunta: Este mecanismo es a través del cuál los participantes de Anexo I podrá transferir o bien adquirir unidades de Reducción de Emisiones (**ERUs**), los cuales resultan de proyectos tendientes a reducir las emisiones contaminantes de GEI con el fin de cumplir con las obligaciones establecidas dentro del Protocolo.

Este Mecanismo permite la inversión, de un país Anexo I en otro país Anexo I, en proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. El País receptor, se descuenta las unidades de reducción de emisiones del proyecto, que adquiere el país inversor, con lo que el país inversor se beneficia de la adquisición de los mismos instrumentos a un precio menor del que le hubiese costado en el ámbito nacional la misma reducción de emisiones. De esta forma, las unidades obtenidas con el proyecto las utiliza para cumplir con su compromiso de Kyoto.

2.2.1.3 El Mecanismo de Desarrollo Limpio MLD

Mecanismo para un Desarrollo Limpio: Dentro de este, los países con mayor emisión de gases contaminantes en su mayoría industrializados, podrán adquirir Certificados de Reducciones de Emisiones (CERs) o Unidades de Remoción (RMUs) resultantes de proyectos generados en su mayoría por países en vías de desarrollo, para el cumplimiento de las metas de reducción establecidas.

El MDL es uno de los tres mecanismos flexibles del Protocolo de Kyoto (1997), diseñados para ayudar a los países industrializados a cumplir con la meta para 2012 de reducir sus emisiones 5.2 por ciento respecto de los niveles de 1990.²¹

El MDL, es el mecanismo a través del cual los países con mayor emisión de contaminantes podrán reducir dichas emisiones por medio de proyectos por parte de países en vías de desarrollo. Esto es que por ejemplo un proyecto encaminado a reducir las emisiones de GEI, como los proyectos de absorción de bióxido de carbono a través de sistemas forestales, en primera instancia se tendrá que calcular la reducción de CO₂ que el proyecto tenderá a capturar, una vez realizada la estimación y acreditada por la junta ejecutiva del protocolo, se procederá a vender dichas emisiones a un comprador.

Los compradores son en general empresas privadas de países industrializados (los mayores contaminantes), estableciéndose entonces de esta forma una negociación entre compradores y vendedores en donde se establecerá la magnitud de las emisiones, así como también los precios, entre otras cosas. Una vez llevado a cabo el proyecto y realizado este sistema de transacciones se verificará y cuantificará las reducciones de emisiones efectivas.

Es tal la preocupación existente en relación al grave deterioro ambiental y de los efectos nocivos sobre el medio ambiente con repercusión a la calidad de vida de la población, y de la importancia que ha generado este mercado en

²¹ *Ibíd.*

dicho tenor, que a nivel mundial se han realizado acuerdos políticos como el Protocolo de Kyoto. Al tiempo de construir diversos fondos financieros tanto públicos como privados con el fin último del fomento de la compra venta de reducciones certificadas de emisiones. La siguiente tabla enumera algunos de los fondos más importantes que se han constituido.

Tabla 2: Mecanismos Internacionales de Carbono

FONDOS DEL BANCO MUNDIAL	OTROS FONDOS
Fondo Prototipo de Carbono (PCF)	Fondo de los Países Bajos de la Corporación Financiera Internacional (INCaF)
Fondo de los Países Bajos para el MDL	Fondo Canadiense de Desarrollo de Cambio Climático (CCCDF)
Fondo de Carbono para el Desarrollo Comunitario (CDCF)	Fondo de Carbono Japonés
Biocarbon Fund (BCF)	ERUPT Países Bajos
Fondo Europeo de Carbono de los Países Bajos (NECaF)	Fondo Asiático de Carbono (ACF)
Fondo Italiano de Carbono	Fondo de Carbono de la KfW
Fondo Español de Carbono	EcoSecurites-Standard Bank Carbon Facility
Fondo Danés de Carbono	Natsource
Fondo de Carbono Umbrella (UCF)	PrimaKlima

Fuente: Semarnat. *Mecanismo de Desarrollo Limpio*. Obtenido el día 15 de Junio de 2006, de <http://www.semarnat.gob.mx>

El MDL, permite a compañías invertir en proyectos de disminución de emisiones de gases efecto invernadero en países en desarrollo. Por lo que a través de créditos de carbono, las empresas pueden contabilizar como propias esas reducciones en sus países de origen o comercializarlas en los mercados de emisiones²².

2.2.2. Funcionamiento e Instrumentación del Mercado de Carbono

El mercado de carbono comprende la generación de las reducciones de emisiones (RE) a través de transacciones basadas en proyectos, en las que un comprador adquiere RE de un proyecto que produce reducciones cuantificables de gases de efecto invernadero (GEI), y el comercio de derechos de emisión de

²² Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Resumen de prensa. México, América Latina y el Caribe. Obtenido el día 03 de junio de 2006 de, www.pnuma.org

GEI en el marco de regímenes ya existentes (o en preparación) para la fijación de límites e intercambio de las emisiones (cap and trade), como el Régimen para el comercio de derechos de emisión (RCDE) de la Unión Europea.²³

A pesar de que el mayor emisor contaminante no ha ratificado el Protocolo de Kyoto, es decir, Estados Unidos²⁴, ha emergido un nuevo mercado a nivel global de carbono pues se prevé que en el futuro las restricciones para contaminar serán mayores.

Estas restricciones motivan a entidades internacionales, gobiernos y sociedad en su conjunto a tomar medidas concernientes a este asunto. Según investigaciones del Banco Mundial se dice que “no existe un solo mercado de carbono, definido por un sólo producto, un sólo tipo de contrato o un sólo sistema de compradores y vendedores”. Lo que llamamos “mercado de carbono” es un conjunto de transacciones en donde cantidades de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero se intercambian.²⁵

Simultáneamente la información se encuentra limitada, fundamentalmente en precios, dado que se dice que no existe una cámara central de compensación para las transacciones de carbón. No obstante, se distinguen dos grandes esferas en donde las transacciones de carbono se están desarrollando, por una parte se tiene las transacciones de carbono que buscan cumplir con el marco establecido por el Protocolo de Kyoto, y por otra se tienen iniciativas paralelas de comercio de emisiones fuera del protocolo, como son las iniciativas voluntarias de restricción de emisiones de EE.UU. para mitigar GEI, país que, como hemos mencionado, no es parte del Protocolo de Kyoto.

²³ Lecocq Franck. (2005). *Carbono y financiamiento ambiental, Región de África, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Grupo de investigación sobre economía del desarrollo, Banco Mundial. Capoor Karan, Sobre la base de datos e ideas facilitados por Evolution Markets LLC y Natsource LLC. Situación y tendencias del mercado de carbono 2005. Internacional Emissions Trading Association. Washington DC, 9 de mayo. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de <http://carbonfinance.org/docs/CarbonMarket2005Spanish.pdf>

²⁴ La decisión de Estados Unidos ha sido justificada por el hecho de que la aplicación del Protocolo de Kyoto significaría para ese país un deterioro para su economía y un grave perjuicio para su industria.

²⁵ *Ibíd.*

Entidades representantes

Existen pocas entidades internacionales que han tratado de desarrollar el mercado de carbono del Protocolo de Kyoto, siendo la más importante la iniciativa del Banco Mundial, el Fondo Prototipo de Carbono (Prototype Carbon Fund (PCF)).²⁶ Los fondos administrados Por el BM²⁷ buscan consolidar el mercado de carbono del MDL.

Según Eugene C. Lorenzo (1994), “Gobiernos y grandes corporaciones han apostado en los fondos de carbono del Banco Mundial, básicamente por el prestigio de esta entidad y, por tanto, en la gran probabilidad de que las reducciones de emisiones generadas por su cartera de proyectos sean aceptadas en el marco del Protocolo de Kyoto, una vez que entre en vigor, y sean útiles para acreditarlos en los compromisos de reducción de emisiones establecidos por dicho protocolo.”²⁸ El componente de construcción de capacidades en los fondos del Banco Mundial ha sido fundamental para consolidar el mercado de carbono mundial.

Brokers

Otros desarrolladores de mercado incluyen brokers, traders, entidades financieras, consultores y entidades auditoras, las cuales están creciendo en

²⁶ Éste fue lanzado el año 2000 con el fin de catalizar el mercado de emisiones reducidas basado en proyectos bajo los mecanismos de Implementación Conjunta y MDL del Protocolo de Kyoto. PCF es financiado por 6 gobiernos y 17 compañías privadas.

²⁷ El Banco se ha propuesto, a través de su Unidad de Financiamiento de Carbono, facilitar e impulsar el mercado de reducción de emisiones de GEI. En primer lugar, ha creado el Fondo Prototipo de Carbono (PCF) para demostrar cómo se pueden lograr reducciones de GEI, contribuyendo al desarrollo sustentable. El Banco incorporó ocho fondos adicionales de carbono para transmitir esta experiencia de aprendizaje a otros países y sectores económicos, ha planteado desde un inicio un enfoque equilibrado entre alentar la demanda como comprador en las primeras etapas del mercado y apoyar a los vendedores para captar nuevas fuentes adicionales de fondos para financiar el desarrollo sustentable. Ello consiste básicamente en reunir la demanda para construir capacidad y asistencia técnica a nivel local, y participar del diseño de instrumentos con los países en vías de desarrollo para facilitarles un acceso directo al mercado

²⁸ Eugen C. Lorenzo (1994). *Medio Ambiente y Desarrollo: El Mercado de Carbono en América Latina y el Caribe: Balance y Perspectivas*. Publicación de las Naciones Unidas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humano. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Marzo 1994. Pág. 18

número y tamaño. Firmas de corretaje como NatSource, CO2e.com y MGM Internacional están cumpliendo un papel importante en el desarrollo del mercado,²⁹ se dice que de igual manera lo están llevando a cabo firmas consultoras especialistas en los mecanismos flexibles o de mercado de Kyoto. El mercado de carbono o de reducciones de emisiones contaminantes emerge ante la necesidad de encarar los efectos negativos sobre el entorno natural. Por su parte el objetivo final del mercado es estimar la reducción futura de las emisiones de carbono o el equivalente. Entonces dentro de este mercado existen dos emisiones principales: las certificadas (**CERs**) y las verificadas (**VERs**).

La forma de comercialización en el mercado de carbono se establece como en cualquier otro, es decir, existe un bien transferible que se puede negociar entre un oferente y un demandante pactando un valor fijo de tal bien para cada parte. Lo que se comercializa en este mercado son la venta de **Reducciones de Emisiones** las cuales pueden ser **Certificadas (CERs) o Verificadas (VERs)**, las cuales se traducen en una tonelada de CO₂.

A su vez, las *Reducciones de Emisiones de Certificadas (CER)* son los llamados bonos verdes los cuales se encuentran enmarcados en el conjunto de acciones que promueve el Protocolo de Kyoto. Tales certificados se otorgan por emprender proyectos que tienen como fin el evitar la emisión de gases que provocan el calentamiento global.

Por lo tanto, un **CER** equivale a la reducción de 1 tonelada de CO₂ (dióxido de carbono). Según el INEGI, “Los países del Anexo I que inviertan en proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones por un monto equivalente a la cantidad de bióxido de carbono equivalente que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado del proyecto.”³⁰ El objetivo esencial aquí es que en tanto que uno se hace de los

²⁹ Ibíd. Pág. 18

³⁰ Instituto Nacional de Ecología. *Cambio Climático en México*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de www.ine.gob.mx/

bonos, el otro recibe a cambio inversiones y tecnología limpia que le permitan tener una economía sustentable.

En lo que se refiere a los Certificados de Reducción de Emisiones, los precios en las transacciones del mercado primario aumentaron considerablemente, de un promedio de \$5.15 dólares americanos en 2004 a \$7.04 dólares americanos en 2005. Para el primer trimestre de 2006 el precio promedio alcanzó los \$11.56 dólares americanos.³¹

Por su parte las **Reducciones de emisiones verificadas (VERs)**: son reducciones de emisiones resultantes de acciones voluntarias para reducir emisiones de GEI que han sido verificadas por una tercera parte independiente.

Algunos proyectos implementados en la fase piloto de las Actividades Implementadas Conjuntamente (AIJ) resultaron en **VERs** que, en algunos casos, fueron comprados por terceras partes. Con la evolución de la negociación del Protocolo de Kyoto (PK) y, en particular, del Mecanismo para un Desarrollo Limpio, la demanda de **VERs** ha ido disminuyendo paulatinamente y fue reemplazada por unidades de cumplimiento Kyoto.³²

VERs pactadas con un descuento:

- Sujeto a riesgo de no convertibilidad a **CERs/ERUs** (metodología, registro, retraso, demora)
- Vendedor puede endeudarse contra flujo de **VERs**

Otros bonos de carbono o bonos verdes son:

- Montos Asignados Anualmente (**AAUs**): Corresponde al monto total de emisiones de gases de efecto invernadero que a un país se le permite

³¹ Inclán Gallardo U. (2005). *Mercado de bonos de Carbono y sus beneficios potenciales para México*. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de www.semarnat.gob.mx

³² Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina. *Mercado de Carbono*. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de <http://www.medioambiente.gov.ar/?idarticulo=662>

emitir a la atmósfera durante el primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kioto.³³

- Unidades de Reducción de Emisiones (**ERUs**): Este tipo de certificado se obtiene como consecuencia de la participación de un país Anexo I (o sus empresas), en mecanismos de reducción de emisiones de GEI o secuestro de carbono en un país distinto al propio pero que también pertenece al Anexo I.
- Unidades de Remoción de Emisiones (**RMUs**): Corresponde a créditos obtenidos por un país durante proyectos de captura de carbono. Estos certificados se obtienen por actividades domésticas realizadas por un país Anexo I y se relaciona con la captura o secuestro de carbono en el sector relacionado con actividades forestales incluidas dentro del marco del PK.

El financiamiento de carbono es el término general que se aplica a los recursos que se brindan a un proyecto para la compra de reducciones de emisiones de GEI, convertidas a "carbono equivalente".

2.2.2.1. Estructura del Mercado

Para explicar apropiadamente la evolución del mercado del carbono, es conveniente empezar por describir los tipos de transacciones que tienen lugar en el mismo. Primero se entiende por *transacciones de carbono* los contratos de compra en virtud de los cuales una parte paga a otra a cambio de una determinada cantidad de "créditos" de emisiones de GEI que el comprador puede utilizar para cumplir sus objetivos en relación a la mitigación del cambio climático.

Las transacciones de carbono pueden agruparse en dos categorías principales:

- *Transacciones basadas en derechos de emisión*, en que el comprador adquiere derechos de emisión creados y asignados (o subastados) por los organismos reguladores en el marco de un régimen de límites e intercambio

³³ Instituto Nacional de Ecología. *Cambio Climático en México*. Op Cit.

(*cap-and-trade*), como las unidades de cantidades asignadas (UCA) definidas por el Protocolo de Kyoto, o los derechos de emisión de la UE (DEUE) con arreglo al RCDE.³⁴

- *Transacciones basadas en proyectos*, en que el comprador adquiere créditos de emisión de dicho proyecto, con el cual se tendería a disminuir las emisiones de GEI. Algunas transacciones basadas en proyectos se realizan con el fin de cumplir objetivos voluntarios, pretendiendo establecer el cumplimiento de los compromisos contraídos en el Protocolo de Kyoto u otro régimen de reglamentación.

El mercado de Transacciones basadas en derechos de emisión

De acuerdo con Jorge Ingaramo (2005)³⁵ son cuatro los mercados activos de derechos de emisión de GEI, estos son: el Régimen para el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea, el Sistema de comercio de emisiones del Reino Unido, el Sistema de reducción de GEI de Nueva Gales del Sur y la Bolsa del Clima de Chicago.

Aproximadamente el 90% del volumen comercializado consiste en derechos de emisión correspondientes al año 2005, mientras que aproximadamente un 6% correspondería al 2006 y el 4% al 2007. El mayor de los cuatro mercados antes mencionados es el Régimen para el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea.³⁶

Los derechos de emisión son activos homogéneos, y los contratos de compra son también similares en ese caso. En consecuencia, el rango de precios

³⁴ Lecocq Franck. (2005). *Carbono y financiamiento ambiental, Región de África, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Grupo de investigación sobre economía del desarrollo, Banco Mundial. Capoor Karan, Sobre la base de datos e ideas facilitados por Evolution Markets LLC y Natsource LLC. Situación y tendencias del mercado de carbono 2005. Internacional Emissions Trading Association. Washington DC, 9 de mayo. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de <http://carbonfinance.org/docs/CarbonMarket2005Spanish.pdf>

³⁵ Ibid.

³⁶ Ibid.

correspondiente a los derechos de emisión de la Unión Europea es pequeño, lo cual permite un precio de mercado para los mismos.

El mercado de Transacciones basadas en proyectos

Son las transacciones en donde el comprador adquiere certificados de reducción de emisiones (CERs) de un proyecto que produce reducciones cuantificables de GEI en comparación con un escenario sin proyecto.

De acuerdo con International Emissions Trading Association, indica que el mercado de reducción de emisiones basadas en proyectos está creciendo en forma constante: “en 2004 se intercambiaron, a través de proyectos, 107 millones de toneladas métricas de equivalente de bióxido de carbono, que representan un aumento del 38% con respecto a 2003, año en que se comerciaron 78 millones de toneladas. Se estima que el volumen intercambiado de Enero a Abril de 2005 fue de 43 millones de toneladas métricas de equivalente de bióxido de carbono”.³⁷

Por otro lado, surgieron nuevos compradores de reducciones de emisiones. Las entidades privadas y públicas de Europa representan ahora el 60% del volumen de las reducciones de emisiones adquiridas a través de transacciones basadas en proyectos, frente al 21% correspondiente a las entidades privadas y públicas en el Japón y el 4% para empresas privadas en el Canadá.

La oferta de reducciones de emisiones se ha mantenido fuertemente concentrada en un reducido número de países, en particular la India, Brasil y Chile.

De acuerdo con Jorge Ingaramo, se estimó que entre enero de 2004 y abril de 2005, las reducciones de emisiones verificadas se comercializaron a precios comprendidos entre 3.6 y 5 US\$/tonelada de CO₂ equivalente, con un promedio

³⁷ Ibid.

ponderado de 4.23 US\$/tonelada. En el mismo lapso, las reducciones de emisiones certificadas obtuvieron precios que oscilaron entre 3 y 7.15 US\$/tonelada de CO₂ Equivalente, con un promedio ponderado de 5.63 US\$/tonelada.³⁸

Por ejemplo proyectos encaminados a la absorción de carbono por medio de árboles disminuiría la erosión de los suelos que generaría una mayor retención e agua, por lo tanto a demás de retener carbono también se contribuiría a disminuir la erosión de los suelos provocando mayor retención del agua con lo que se generarían menos inundaciones.

*Tipos de transacciones:*³⁹

1. Mercado Spot: Generación y venta de los CERs emitidos en el mercado Spot, *si el precio de referencia en el mercado europeo asciende a 9 euros, un CERs ya emitido debe valer lo mismo.* Inmediatamente como son emitidos, los CERs se utilizan para cumplimiento en relación a lo establecido en el Anexo B del PK, sin riesgo alguno.
2. Mercado a Futuro: Pago Inmediato Contra Entrega Futura: El precio es relativamente bajo, porque cuando un inversionista aporta hoy, asume un mayor nivel en los riesgos de entrega; el demandante paga, pero no hay certidumbre sobre la entrega
3. Inversión en Proyectos.

³⁸ *Ibíd.*

³⁹ Instituto Nacional de Ecología. *Cambio Climático em México*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de www.ine.gob.mx/

Estructura de las transacciones:

El 95% de las transacciones se realizaron a través del modelo basado en los productos básicos, en donde el comprador de carbono adquiere las reducciones de emisiones generadas por el proyecto como si comprara cualquier otro producto o servicio.⁴⁰

De acuerdo a la información obtenida se sabe que pocas transacciones, siguieron el modelo de inversión en donde el comprador invierte capital social o deuda en un proyecto y adquiere reducciones de emisiones como parte de su rentabilidad.

Habitualmente los compradores de carbono que adoptan el modelo de productos básicos, realizan el pago en la entrega, y así se reducen los riesgos típicos del proyecto⁴¹. No obstante, los proyectos generalmente requieren financiamiento inicial para financiar los costos de construcción. Por su parte los pagos tienden a realizarse en una moneda fuerte como lo es el dólar o el euro por lo cual son realizados por compradores con alta calificación crediticia generando la realización de nuevas inversiones.

Con el fin de minimizar los riesgos algunos compradores, entre ellos la Unidad de Financiamiento de Carbono del Banco Mundial, se encuentran adquiriendo **VERs**. Sin embargo, la mayoría de los compradores adquieren **CERs**, por lo que traspasan el riesgo de registro al vendedor. Así mismo se sancionará en caso de incumplimiento y varían entre la imposición de gravámenes y multas, o la obligación de presentar nuevos **CERs**.

⁴⁰ Serra L. (2005). *Situación actual del Mercado de Carbono año 2005*. Obtenido el día 10 de Agosto de 2006, de <http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Informe>

⁴¹ *Ibíd.*

2.2.2.2. Segmentos del Mercado

Existen varios marcos regulatorios, algunos de los cuales son complementarios entre sí, y cuya aplicación delimita los distintos segmentos que integran el mercado del carbono.

El Protocolo de Kyoto (1997) pide a los países industrializados y países en desarrollo (los del Anexo B) que no superen los límites establecidos de los niveles de emisión de GEI durante el primer período de compromiso, es decir, entre 2008 y 2012.

Además las Partes incluidas en el anexo B (países industrializados) pueden cumplir sus objetivos, comprando derechos de emisión a otras Partes incluidas en el anexo B (países con economías en transición) y contribuyendo los proyectos de reducción de las emisiones tanto en los países incluidos en el anexo B (a través del MDC⁴²) como en otros países no incluidos en dicho anexo (por medio del MDL). Proyectos tendientes a contribuir a la reducción de las emisiones contaminantes con el fin de retener CO₂.

El Régimen para el comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (2004) tiene una fase piloto (que dura de 2005 a 2007) y una primera fase, comprendida entre 2008 y 2012.

El objetivo es establecer un tope a las emisiones dentro de la Unión Europea, y permite intercambiar los derechos de emisión en el mercado europeo. La “directiva de vinculación” regula las relaciones entre el Régimen para el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea, y el Protocolo de Kyoto. Permite a las entidades, incluidas en el Régimen para el Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea, utilizar créditos de reducción de las

⁴² Mecanismo de Implementación Conjunta, uno de los tres mecanismos del Protocolo de Kyoto.

emisiones de proyectos de Implementación Conjunta o de Mecanismo de Desarrollo Limpio, para el logro de sus objetivos.⁴³

Por su parte Canadá y Japón están contribuyendo también con planes nacionales para cumplir sus obligaciones resultantes del Protocolo de Kyoto. Mientras que Canadá propone, entre otras cosas, un sistema de comercio nacional para las emisiones, así como la compra de cantidades sustanciales de créditos externos, Japón sólo tiene una propuesta la cual aún no incluye obligaciones estrictas para las empresas, pero prevé también compras de reducciones de emisiones, a través de mecanismos basados en proyectos.

En Estados Unidos y en Australia, se han elaborado otros regímenes que limitan las emisiones y autorizan las transacciones de carbono, aun cuando los dos países han declarado que no ratificaron el Protocolo de Kyoto. Cabe mencionar que estos regímenes “no Kyoto⁴⁴” imponen límites diferentes que los mencionados anteriormente.

Asimismo algunas empresas intervienen voluntariamente en el mercado de carbono, tal vez porque han adoptado un objetivo de emisiones voluntario, o por otras razones. Su participación adopta con frecuencia la forma de transacciones basadas en proyectos.

Finalmente un último segmento del mercado de carbono es el mercado minorista, este se caracteriza por las actividades de empresas e individuos sin emisiones significativas que desean no influir negativamente en el clima, con el fin de demostrar su responsabilidad social o promover una marca comercial concreta. Estas entidades o individuos muchas veces adquieren reducciones de emisiones en pequeñas cantidades.

⁴³ Lecocq Franck. (2005). *Carbono y financiamiento ambiental, Región de África, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Grupo de investigación sobre economía del desarrollo, Banco Mundial. Capoor Karan, Sobre la base de datos e ideas facilitados por Evolution Markets LLC y Natsource LLC. Situación y tendencias del mercado de carbono 2005. Internacional Emissions Trading Association. Washington DC, 9 de mayo. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de <http://carbonfinance.org/docs/CarbonMarket2005Spanish.pdf>

⁴⁴ Entendiéndose como mercados no Kyoto aquellos que aún no han ratificado el protocolo.

De lo anterior se desprende el potencial que tienen los proyectos encaminados a reducir los impactos ambientales tal vez como la captura de CO₂ por parte de sistemas forestales, ya que una gran parte del mercado está invirtiendo en la compra de reducciones de emisiones a través de proyectos.

2.2.2.3. *Tamaño del Mercado*

De acuerdo a la información disponible, hasta el momento 55,3 millones de tCO₂⁴⁵ están siendo negociados en la región latinoamericana bajo el MDL, un monto similar podría estar negociándose en el resto del mundo como MDL e Implementación Conjunta.

Por tanto, entre estos dos mecanismos ya se estarían negociando créditos de carbono en alrededor de 110 millones tCO₂e.⁴⁶ De acuerdo a los datos anteriores tan solo sería una fracción del total reducciones de emisiones de GEI, necesario para cumplir con el primer periodo de compromiso del Protocolo.

De acuerdo con los datos del Banco Mundial se estima el tamaño del mercado de la siguiente forma:

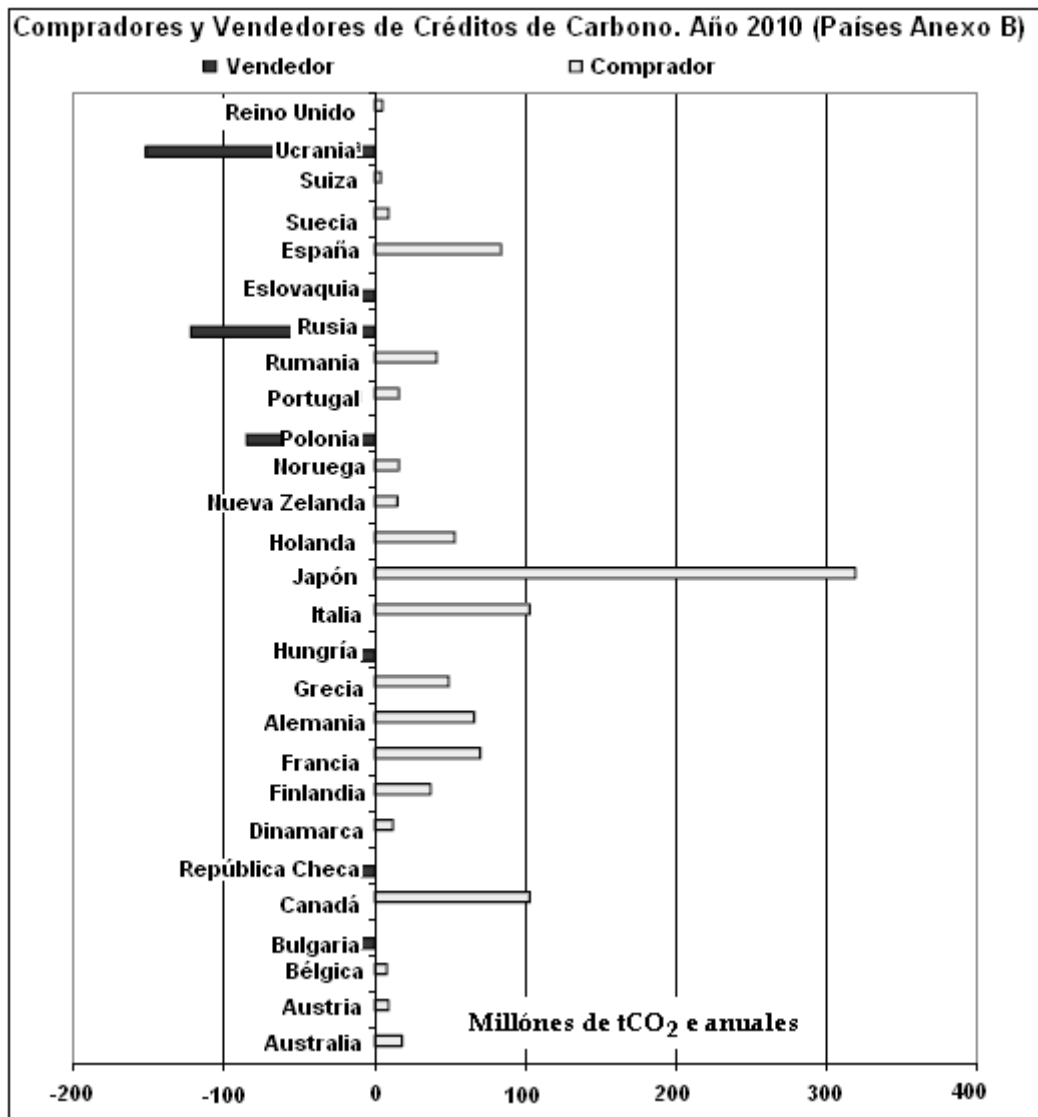
- Emisiones globales de carbono: 7.500 millones de toneladas por año.
- Precio futuro proyectado del carbono (s/BM): u\$s 10 por tonelada.
- Valor estimado del comercio mundial anual: u\$s 4.200 millones.

El precio estimado por el BM es un promedio que calcularon con valores para el MDL.

⁴⁵ Toneladas de CO₂

⁴⁶ Eugen C. Lorenzo (1994). *Medio Ambiente y Desarrollo: El Mercado de Carbono en América Latina y el Caribe: Balance y Perspectivas*. Publicación de las Naciones Unidas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humano. Naciones Unidas. Santiago de Chile, Marzo 1994. Pág. 55

Figura 6: Tamaño del Mercado



Fuente: Eugen C. Lorenzo (1994). *Medio Ambiente y Desarrollo: El Mercado de Carbono en América Latina y el Caribe: Balance y Perspectivas*. Publicación de las Naciones Unidas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humano. Naciones Unidas. Santiago de Chile.

El tamaño del mercado de carbono es difícil de señalar, pero estimaciones generalmente lo ubican alrededor de mil millones de dólares.

2.2.2.4. Vendedores y compradores

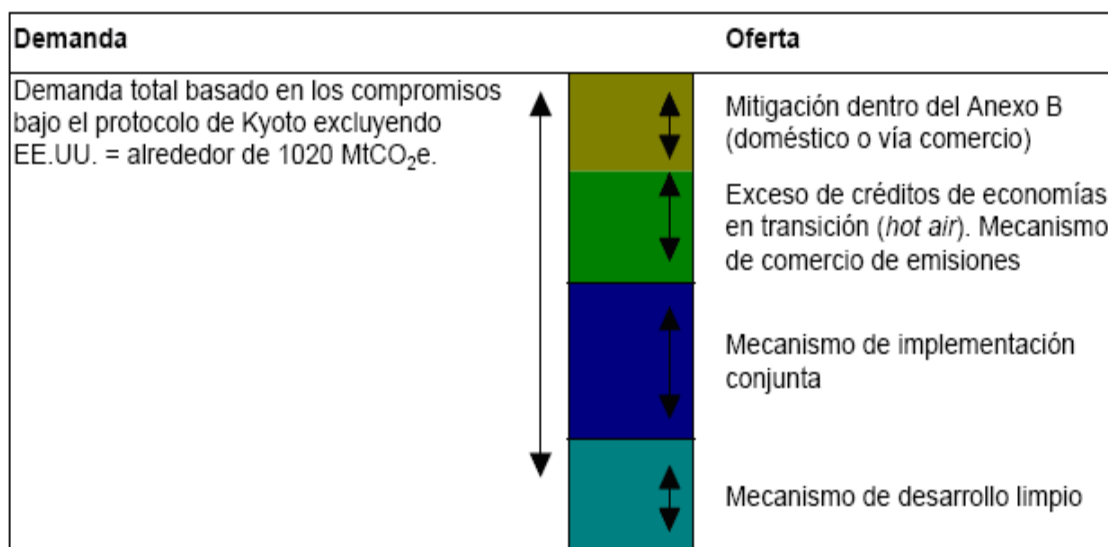
Vendedores: El bono de carbono es un instrumento que se intercambia, adquiere las mismas características de cualquier bono negociado en un mercado financiero. Las estructuras de venta, son opciones a futuro con

contratos a largo plazo, es decir, ventas por adelantado en las que se paga la totalidad de los bonos que representan las reducciones de CO₂ proyectadas.

En este mercado los vendedores de bono son sector público y privado, de países en desarrollo, en este sentido los vendedores producen créditos de CO₂ al no contaminar el ambiente o bien a través de la captura de dióxido de carbono por medio de sus bosques, por medio de proyectos establecidos dentro del mecanismo de desarrollo limpio. Es aquí donde México tiene un potencial enorme.

Compradores: Mediante los vendedores de bonos, es decir, países en vías de desarrollo, los compradores empresas localizadas en países con altos índices de contaminación, en general países desarrollados, adquieren estos créditos para mantenerse por debajo de sus cuotas de contaminación establecidas en sus respectivos países. Esto es, se trata de cumplir con las obligaciones establecidas de los países firmantes del Protocolo de Kyoto comprometidos a disminuir sus emisiones contaminantes.

Figura 7: Demanda y Oferta de Carbono en el Marco del Protocolo

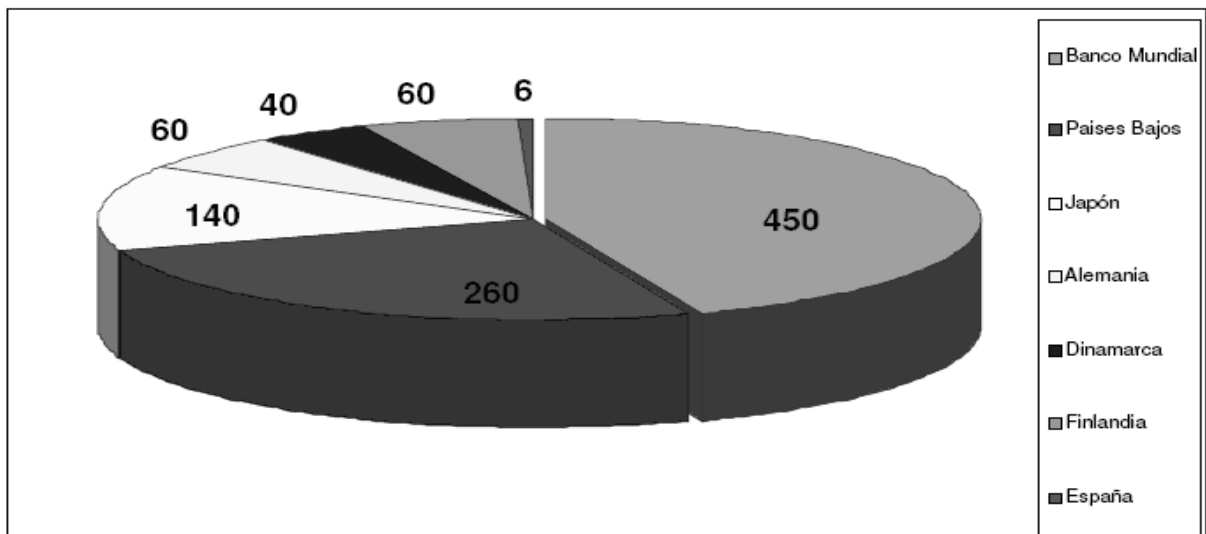


Fuente: Eugen C. Lorenzo (1994). *Medio Ambiente y Desarrollo: El Mercado de Carbono en América Latina y el Caribe: Balance y Perspectivas*. Publicación de las Naciones Unidas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humano. Naciones Unidas. Santiago de Chile.

Algunos Compradores/inversores:

- Institucional Multilateral (Banco Mundial Asian Dev Bank)
- Gobiernos (Holanda, Finlandia, Austria, Dinamarca, Canadá.)
- Fondos Sector Financiero
- Transacciones Bilaterales grandes empresas de energía

Gráfica 3: Principales Compradores



Fuente: Universidad Complutense de Madrid. *Cambio climático, desarrollo y cooperación internacional*. Obtenido el día 17 de Agosto de 2006, de <http://www.ucm.es/info/IUDC/Cambio%20climatico>

Papel del Banco Mundial

Con base a la información obtenida por el Banco Mundial el papel que juega este en el mercado de carbono es:

- Ayudar a los países OECD a enfrentar su déficit de reducciones de emisiones
- Catalizar inversión amigable con el medioambiente en países en desarrollo
- Desarrollo de Metodologías para proyectos del MDL
- Informar Compradores, Vendedores, Reguladores, y público

2.2.2.5. Precios, Mitigación y Expectativas del Mercado

Precios.

Algunos factores determinantes del precio de los bonos en base a la información del Banco Mundial son los siguientes:

- Solvencia y experiencia del promotor del proyecto y viabilidad de éste;
- Estructura del contrato (por ejemplo, contratos al contado o a término, así como monto del pago inicial, tasa de descuento), incluidas las responsabilidades que el vendedor está dispuesto a asumir en caso de que no pueda cumplir sus obligaciones contractuales, las sanciones por incumplimiento y la capacidad del vendedor de pagar las sanciones;
- Costo de la validación y la posible certificación;
- Beneficios ambientales y sociales adicionales

Debido a que existen distintos esquemas para el comercio de los bonos distintos mercados y diferentes sitios del mundo donde se pueden comprar y vender, existen precios diferentes por cada tonelada de CO₂, por ejemplo:

Chicago Climate Exchange⁴⁷: en operación desde diciembre de 2003, el precio fluctúa desde \$0.90 hasta \$2.10 dólares por tonelada.

European Climates Exchange Carbon: el precio fluctúa entre \$6.40y \$19.70 euros por tonelada.

⁴⁷ La Bolsa del Clima de Chicago es un sistema piloto de límite e intercambio de GEI a través del cual las entidades, en particular empresas privadas en Estados Unidos, han acordado limitar voluntariamente sus emisiones de GEI entre 2003 y 2006. Estas entidades pueden lograr el cumplimiento de sus compromisos mediante reducciones internas, la adquisición de derechos de emisión de otras compañías que tienen limitación de sus emisiones o la adquisición de créditos de proyectos que cumplen determinados criterios.

Dentro del marco del Protocolo de Kyoto se estiman los precios para⁴⁸:

Fondo Prototipo del Banco Mundial en U\$ 3.5 a 5/tCO₂

ERUPT primera ronda: en € 5.00 a € 9.00

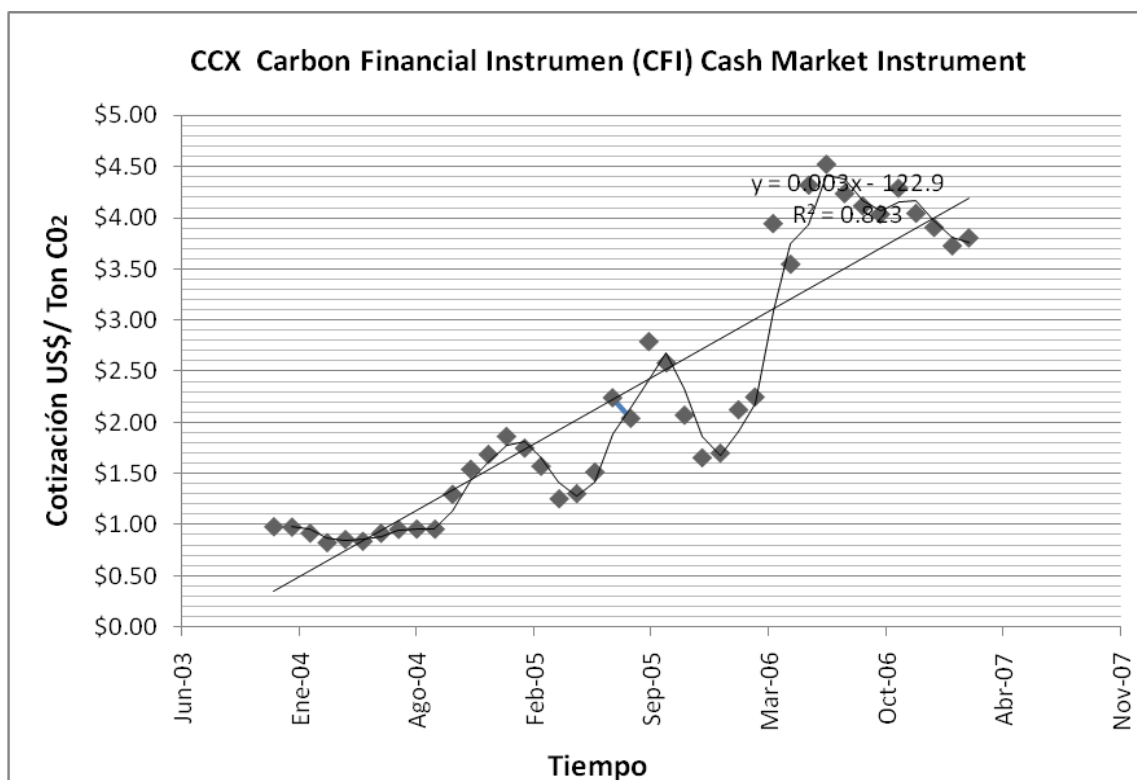
CARUPT: en € 3.3 – 5/tCO₂

Inversores privados: en U\$0.5 a U\$2.5

Sistema Europeo de Mercado de Emisiones: €10-20/tCO₂ estimado

Con base a los datos obtenidos los precios resumidos mensualmente de Diciembre de 2003 a Marzo de 2007 de Climate Chicago Exchange, se muestra una tendencia alcista de la cotización a partir del último trimestre de 2004 a la fecha.

Gráfica 4: Tendencia de los precios



Fuente: Elaboración Propia con datos de Climate Exchange of Chicago.CCX: Instrumento Financiero de Carbono. Contrato de Mercado Efectivo. Cotización US\$/ton. del precio de CO₂.

⁴⁸ Azcel Paula. (2006). Mercado de Carbono Negociaciones, Precios y Perspectivas. EcoSecurities. Obtenido el día 16 de Agosto de 2006 de, www.ecosecurities.com

Otros estudios consideran que los VERs, se han comercializado entre **3 y 5 U\$S** por tonelada de CO₂ entre enero de 2004 y abril de 2005 con un promedio ponderado de 4.23 U\$S. Por su parte los CERs se sabe se han comercializado entre **4 y 7.5 U\$S/tCO₂** dentro del mismo periodo.

Mitigación

Las formas más eficientes para mitigar o bien disminuir las emisiones contaminantes es a través de reducciones de utilización de combustibles fósiles, esto es, mediante un uso racional o buscar alternativas sustitutas de este tipo de combustibles. Que los países inviertan en buscar tecnologías más adecuadas que contribuyan a la reducción de los gases contaminantes. Así mismo, buscar que los países inviertan y apuesten en la creación de sumideros, a través de una gestión forestal que conduzca a un secuestro potencial de carbono a través de la recuperación de los bosques.

Alternativa de mitigación

En virtud del Protocolo de Kyoto y de sus obligaciones que les confiere a los países con mayores índices de contaminación, a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, se plantea la posibilidad de creación de proyectos de manejo forestal y de uso de suelo como iniciativa para la disminución de GEI mediante un uso sustentable de los sistemas forestales.

Es aquí donde surge el restablecimiento de bosques degradados a través de reforestación, para el secuestro de toneladas de dióxido de carbono a través de los árboles, lo cuál se traduciría en reducciones de emisiones, y se venderían a países que necesiten responder a los compromisos pactados de reducción de contaminantes, que su vez se reflejaría en beneficios para quien acepte apostar en este tipo de proyectos.

Se trata de incentivar a la preservación de los boques naturales, con base al pago por servicios ambientales. Recuperar áreas que han sido gravemente dañadas por una explotación desmesurada sin ninguna compensación o bien por la ampliación de espacios urbanos y presión social, mediante asentamientos irregulares que dañan la ecología de los bosques.

Por tanto, ante el actual panorama se ha creado el MDL que permite la comercialización de reducciones contaminantes a través de la creación de proyectos encaminados al cumplimiento de lo contraído dentro del Marco del Protocolo, es decir, se trata de implementar proyectos para compensar emisiones lo cual consiste en acuerdos mediante los cuales una entidad en un país cumple parcialmente con su obligación de reducir sus emisiones contaminantes, compensando algunas de sus emisiones domésticas con proyectos de mitigación que financian otros países.

De esta forma, las entidades emisoras de dióxido de carbono en los países industrializados con altos costos de reducción de contaminantes podrían invertir en proyectos a través de MDL con oportunidad de reducción de emisiones a costos más bajos.

De acuerdo con la FAO los proyectos forestales que se consideran para mitigar las concentraciones de GEI en la atmósfera se agrupan en tres tipos:⁴⁹

Proyectos de conservación de carbono: Están orientados al control de las tasas de deforestación, hecho que se logra mediante la protección de bosques, manejo forestal mejorado y mediante el control de alteraciones, tales como incendios forestales.

Proyectos de captura de carbono: Este es el caso de las plantaciones, que generan *adicionalidad* al incrementar la superficie cubierta por bosques y la

⁴⁹ Braier, G. Esper (2006), Depósito de Documentos de la FAO. *Norma. Estudio y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina al año 2020*. Informe Nacional Complementario, Argentina. Obtenido el día 5 de Junio de 2006 de, <http://www.fao.org>

biomasa mediante forestación, reforestación agroforestería, forestación urbana, enriquecimiento y extensión de rotaciones.

Proyectos de sustitución de carbono: Éstos se relacionan con la energía, por ejemplo, a través de plantaciones específicas para bioenergía que permitiese el reemplazo de combustibles fósiles, o a través de un mayor empleo de la madera que pudiese reemplazar el uso de otros materiales que consumen más energía en su elaboración (ej. Aluminio).

Tabla 3: Valor de los certificados de reducción de emisiones en dólares.

Valor de los certificados de reducción de emisiones, UDS/tc		
Proyecto	País	Costo en UDS/tc
Forestales		
INFRAPRO	Malasia	3.5
n/d	México	10
Protección Reforestación	Costa Rica	10
n/d	RCA. Checa	14.3
BANCO MUNDIAL	Uganda	27.8
BANCO MUNDIAL	n/d	1 a 5
Reducción de GEI		
BANCO MUNDIAL	PAÍSES BAJOS	5 A 10 27

Fuente: Depósitos de documentos de la FAO. *Proyectos Forestales de Fijación de Carbono*. Obtenido el día 17 de agosto de 2006, de <http://www.fao.org/docrep/006/j2053s/j2053s09.htm>

Expectativa del mercado:

Con base a la información obtenida se espera que el mercado requiera cada vez mas bonos para cubrir la demanda creciente, con lo cual se tendera a cubrir las obligaciones pactadas dentro del Marco del Protocolo de Kyoto, por parte de los países potenciales en la compra de bonos de carbono.

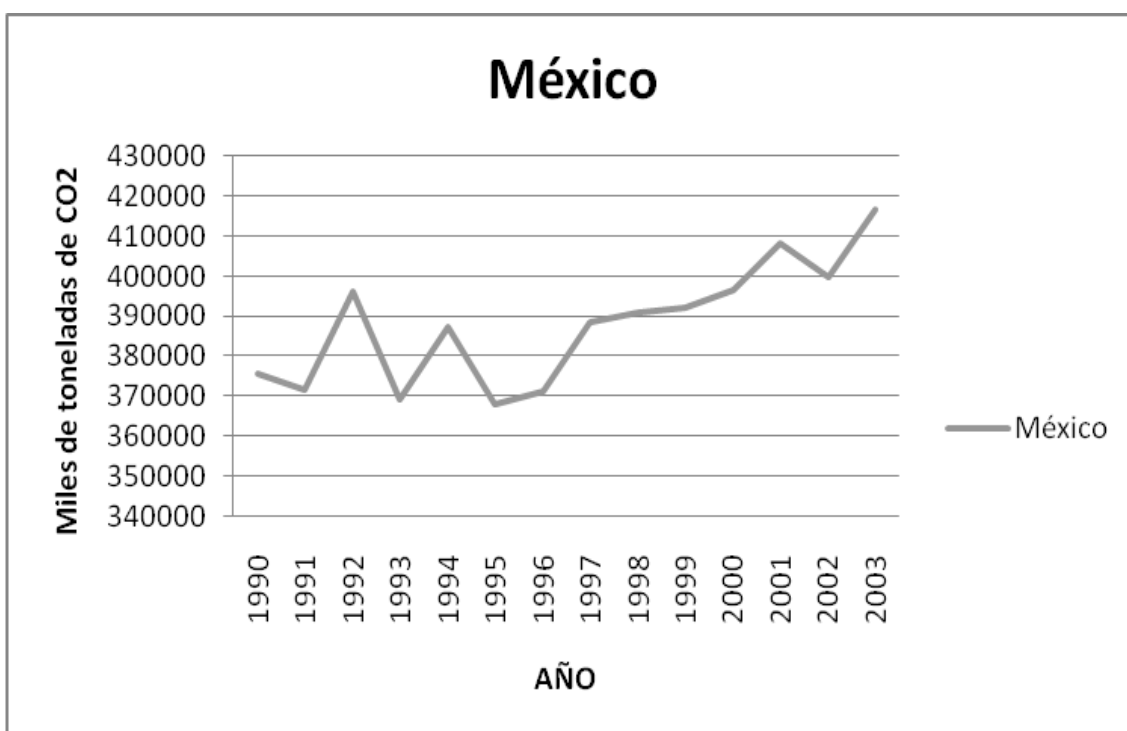
2.3. Oportunidades para México en el Mercado internacional de Bonos de Carbono

Se estima que el 75% de las emisiones de GEI que se han acumulado en la atmósfera en los últimos 50 años se han generado en países industrializados, donde se encuentra el 20% de la población mundial. El 25% restante de las

emisiones se ha producido en países en desarrollo, que albergan al 80% de la población⁵⁰. Por ejemplo, Estados Unidos representa el 5% de la población del mundo y produce el 25% de las emisiones de bióxido de carbono, al mismo tiempo consume el 26% del petróleo mundial, el 25% del carbón y el 27% del gas natural⁵¹. En cuanto a México, nuestro país contribuye con cerca de 2% de las emisiones mundiales de gases contaminantes. Además, México ocupa el lugar 14 en el mundo en la emisión de bióxido de carbono a la atmósfera⁵².

A partir de la información que genera la Organización de Naciones Unidas, a través de la serie *Emisiones de bióxido de Carbono (1990-2004) mil toneladas de CO₂*. México presenta la siguiente tendencia:

Gráfica 5: Emisiones de Bióxido de Carbono (1990-2004) para México



Fuente: Elaboración Propia con información de la ONU.

⁵⁰ BANOBRAS (2007). *El negocio de limpiar el aire, los bonos de carbono*. Obtenido el día 1 de abril de 2007 de, <http://www.banobras.gob.mx/BANOBRAS/CasosdeexitoRevistayEventos/Revista/2doTrim2006/bonosdecarbono.htm>

⁵¹ Revista Diners (2007). *La onda verde*. New York. Obtenido el día 21 de julio de 2007 de, www.revistadiners.com.co/nuevo/interna.php

⁵² Cambio Climático. *México Genera el 2% de los gases de efecto invernadero*. Obtenido el día 1 de abril de 2007 de, <http://www.cambio-climatico.com/mexico-genera-el-2-mundial-de-los-gases-con-efecto-invernadero>

Como vemos, en nuestro país se emite considerables cantidades de CO₂, como lo muestra la gráfica anterior. Se puede apreciar que en 1992 hay un incremento potencial de las emisiones, las cuales se ven disminuidas al año siguiente, sin embargo la tendencia que presenta a partir de 1997 es alcista.

Por lo tanto, las oportunidades para eliminar el bióxido de carbono de la atmósfera o, en primer lugar, prevenir su emisión en México, podrían generar millones de dólares de ganancias para las empresas pequeñas y medianas de nuestro país. Por lo que, se están realizando estudios en México para captura de carbono mediante ecosistemas forestales generando un ahorro de carbono el cual podrían generar beneficios para las empresas capaces de traducirlos en créditos de carbono y venderlos en el incipiente mercado internacional de bonos verdes.

Para ejemplificar estas ganancias la Comisión para la Cooperación Ambiental estima que “si se atribuye la cifra conservadora de 10 dólares estadounidenses por tonelada métrica de carbono capturada o desviada, la venta de créditos de carbono creada por esas actividades podrían generar más de 50 millones de dólares estadounidenses en la economía mexicana”.⁵³

Por su parte, la Secretaría de Energía estima que en México se cuenta con un potencial de reducción y captura de emisiones superior a 80 millones de toneladas de bióxido de carbono por año entre el 2008 y el 2012.

Al mismo tiempo la Comisión para la Cooperación Ambiental señala que “es de todos reconocido que el mercado internacional de carbono crece con rapidez y es probable que eso recompense a quienes van a la vanguardia de la agenda climática”.

⁵³ Comisión para la Cooperación Ambiental. *La CCA identifica más de 5 millones de toneladas de posibles reducciones de carbono en México*. Obtenida el día 18 de Agosto de 2006, de <http://www.cec.org/news/details>

México y los incipientes mercados de carbono se basa en la lógica del modelo de canje de carbono que está en discusión en las negociaciones del cambio climático mundial y concluye que:

- El costo de reducir o capturar el carbono varía de un país a otro.
- La manera más eficaz de que una compañía logre sus propias metas de reducción de carbono podría ser comprar créditos de ese elemento, si se pueden obtener a un costo menor que el de instaurar en casa, medidas para reducir las emisiones.
- Podrían estarse abriendo oportunidades de generar riqueza y atraer inversiones para cualquiera con los medios para capturar carbono, o reducir las respectivas emisiones, y vender créditos de tal elemento en el incipiente mercado de bono verdes.

Al mismo tiempo la CCA estima que las empresas mexicanas venderán certificados de no contaminantes. Los compradores son las grandes corporaciones multinacionales y países que por obligación deben reducir sus emisiones. A partir de diciembre 2005, México participa en el mercado internacional de bonos de carbono.

En México, el mecanismo que se debe seguir para que un proyecto pueda vender bonos de carbono es:

- 1) Obtener la aprobación por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, misma que es presidida por la Semarnat y
- 2) Registro, evaluación y aprobación de cada proyecto por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto.

Una vez aprobado el proyecto, los certificados correspondientes al monto de gases efecto invernadero que se ha reducido podrán ser adquiridos por alguno de los países desarrollados comprometidos a reducir sus emisiones.

En el mercado del MDL esto podría traducirse en ingresos de 500 millones de dólares por año, mismos que ayudarán a promover el desarrollo de los sectores

energético, industrial, agropecuario y forestal en México.⁵⁴ Este último dato representaría aproximadamente el 85% en relación a la inversión extranjera directa de los Estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca y Tabasco de 1996-2006.

Se sabe que en México, los bosques manejados cubren una *superficie de 7.3 millones de ha*, en tanto que los bosques protegidos cubren una *superficie de 7.1 millones ha*.

Por otro lado cerca del *80 por ciento de las tierras forestales son de propiedad comunal y el 95 por ciento de los aprovechamientos forestales* provienen de bosques templados nativos principalmente.

Por lo tanto, el sector forestal mexicano puede contribuir en gran medida a la mitigación del cambio climático, no sólo disminuyendo las emisiones de CO₂ que derivan de su gestión y de su afectación por las prácticas agropecuarias, como es el cambio de uso del suelo; sino porque además puede contribuir a revertir el proceso, mediante prácticas de recuperación del uso forestal, como la forestación y la reforestación. El sector forestal mexicano tiene la capacidad de reducir el crecimiento de las emisiones de CO₂ generadas por el sector energético, convirtiéndose en una de las opciones de mitigación más importantes a corto y mediano plazos.

Hoy en día se está investigando sobre este tema y se han realizado pronósticos favorables para nuestro país tal es el caso de Omar Masera y A. Ordoñez (1999) quienes estiman la captura de carbono señalado el gran potencial que tiene México, por ejemplo, utilizaron un modelo para estimar la captura de carbono en el periodo 2000-2030 en el que se dividió el uso del suelo en varias clases, incluyendo bosques, selvas, zonas áridas y usos no forestales.

⁵⁴ Magaña Lemus D. (2006). El Economista. *México en el mercado de bonos de carbono*. Obtenido el día 22 de diciembre de 2006, de <http://laplaza.economista.com.mx/pubinter4.nsf>

Sus resultados muestran que de adoptar las opciones propuestas, México tendría la posibilidad de capturar aproximadamente *46 millones de toneladas de C entre el año 2000 y el año 2030.*⁵⁵

En la tabla siguiente se presentan estimaciones del reservorio de carbono de los ecosistemas forestales de México para el año 1990, que fue el año base para el primer inventario nacional de gases de efecto invernadero.

Tabla 4: Reservorios de Carbono en México para 1990

	COBERTURA VEGETAL	SUPERFICIE (MILES HA)	DENSIDAD DE CARBONO (MG C HA)	RESERVORIO DE CARBONO (GTC)
Bosques Naturales	Bosques de coníferas	9985	257	2.5
	Bosques latifoliados templados	8409	326	1.9
	Selvas Tropicales siempre verdes	5717	305	1.7
	Selvas Tropicales Caducifolias	15338	154	2.3
	Bosques Semi-áridos	62840	80	5.0
	Bosques degradados	21484	122	2.6
	Plantaciones	Con rotación prolongada	3	191
Plantaciones de Restauración		147	180	0.0265
Bosques Manejados	Coníferas	6444	234	1.5
	Selvas Tropicales siempre verdes	900	309	0.28
Áreas Protegidas	Templado	672	240	0.16
	Tropical siempre verde	1765	305	0.54
	Tropical caducifolio	106	154	0.02
	Áreas pantanosas	3003	282	0.09
	Bosques semi-áridos	3170	97	0.30
Otros usos	Agricultura	25939	89	2.3
	Pastizales	24893	95	2.4
	Agroforestería	900	159	0.1
				23.7

Fuente: Criterio Cinco (2005). *Mantenimiento de la contribución de los bosques al ciclo global de carbono.* Obtenido el día 2 de noviembre 2006, de www.mpci.org/rep-pub/2003/2003mexicocriterion05

⁵⁵ Criterio Cinco (2005). *Mantenimiento de la contribución de los bosques al ciclo global de carbono.* Obtenido el día 02 de noviembre de 2006, de <http://www.mpci.org/rep-pub/2003/2003mexicocriterion05.pdf>

De acuerdo con las estimaciones mostradas el reservorio de carbono en la vegetación aérea en México es de 23.7 G ton C, de la cual los bosques naturales tienen el mayor reservorio con 16 G ton C.

Así mismo, se estima que existe aproximadamente “un millón de ha. potenciales para el desarrollo de plantaciones forestales, con un potencial de captura entre 30.7-85.5 millones de toneladas. Para nuestro país existen aproximadamente 30 millones de hectáreas de áreas arboladas con regeneración natural con posibilidades de capturar entre 1,038 y 3,090 millones de toneladas de carbono”.⁵⁶

Es por ello que la captura de carbono mediante la masa forestal representa uno de los grandes atractivos actualmente para contribuir a la disminución de gases contaminantes, pero a su vez también ha representado una nueva forma de comercialización para algunos países que cuenten con reservas forestales importantes o bien puedan rehabilitar áreas que han sido dañadas con proceso de reforestación con lo cual se generaría un beneficio para países que optara por esta iniciativa, traduciéndose en un beneficio económico y ecológico.

Se puede decir, que el país tiene gran potencial para desarrollarse como un país vendedor de captura de carbono, es decir, que México puede insertarse como país vendedor en el mercado de carbono a través de captura de CO₂ en bosques, lo cual se traducirá en valores monetarios.

2.3.1. Proyectos de Captura de Carbono en México

Un ejemplo de los proyectos mexicanos que han obtenido la validación internacional para vender bonos de carbono es el proyecto de reducción de metano en un grupo de granjas porcícolas, localizadas en Sonora.

La intención de tal proyecto es mitigar las aguas residuales que inciden en la generación de gases de efecto invernadero mediante la colocación de las

⁵⁶ Torres Rojo J. M, Guevara Sanginés A. (2005). *El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico*. Obtenido el día 5 de noviembre de 2006, de <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetitas/63/cap3.html>

excretas de los cerdos en digestores anaeróbicos cerrados, en lugar de depositarlas en lagunas de oxidación a cielo abierto.⁵⁷

Otro ejemplo importante es el caso de Chiapas, que se sabe comercializa la venta de carbono en el mercado internacional. El planteamiento original del proyecto fue impulsar la captura de carbono como un servicio ambiental en sistemas de producción promoviendo prácticas y sistemas agroforestales. La captura de carbono, a través de la agroforestería permitirá beneficios a los campesinos al obtener un pago directo por el servicio ambiental (venta de carbono capturado) y posibilitar y obtener otros servicios y productos como madera, leña, cultivos agrícolas, etc. para la unidad familiar.⁵⁸

Este proyecto fue llevado a cabo dentro del estado de Chiapas en donde un grupo de comunidades indígenas han ingresado sus bosques al mercado internacional de servicios ambientales por captura de CO₂, donde de manera casi independiente del costo de mantenimiento, "negociaron bajo un precio estandarizado en los mercados mundiales a \$10.00 dólares la Tonelada, que fue pactado con 1997 la Federation Internationale De L'Automobile (FIA) de la Fórmula Uno a través de un organismo internacional de colocación y certificación".⁵⁹ Se inició la compra con 5500 ton C anuales. Sin embargo, para 2001 el precio se incremento en un 45% a un precio es de \$12 dólares.

La experiencia en México del caso del Proyecto de Captura de Carbono en Chiapas (Scolel té), tuvo una conformación de un grupo intersectorial, interinstitucional y multidisciplinario, con una entidad académica internacional y la participación de fuentes financieras fueron clave para el desarrollo del proyecto. Este arrancó en 1994 con ocho comunidades de la Unión de Crédito Pajal Yak'actic, y dos entidades académicas: El Colegio de la Frontera Sur

⁵⁷ Magaña Lemus D. (2006). El Economista publicado el día 5 de Noviembre de 2006. *México, en el mercado de bonos de carbono agro-negocios. Valores y Dinero.* <http://laplaza.economista.com.mx>

⁵⁸ Jiménez Ferrer G., Soto Pinto L., Ben de Jong, Vargas A. (n.d.) *Aprovechamiento agroforestal y servicios ambientales (captura de carbono) en comunidades indígenas de Chiapas, México.* Obtenido el día 05 de octubre de 2006, de http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia3/doc_adic3.htm

⁵⁹ *Ibíd.*

(ECOSUR) y la Universidad de Edimburgo. Tres estudios se realizaron en un inicio: a) Evaluación de la captura de carbono por diferentes formas de uso del suelo; b) Investigación participativa de factibilidad; y 3) Análisis económico del potencial de captura de carbono a nivel del sur de México.

Estas investigaciones permitieron tener la línea de base para dar inicio con grupos de productores de diez comunidades campesinas en un nivel piloto. Un grupo de técnicos campesinos de la Unión de Crédito Pajal Yak'actic comenzaron la promoción del proyecto en sus propias comunidades.

Más adelante, en 1997, se incorporaron tres organizaciones más: UREAFA (Unión Regional de Ejidos Agrícolas, Forestales y de Agroindustrias de la Zona Norte de Chiapas), CEPCO (Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca) y CODESMAC (Consejo para el Desarrollo Sustentable de la Selva del Marqués de Comillas), con 16 comunidades; y también se incorporó en el esquema organizativo la agencia no gubernamental AMBIO.

Los productores, en conjunto con el grupo de académicos definieron los sistemas silvícolas y agroforestales a implementar, las especies y los arreglos espaciales y temporales que implementarían, así como las necesidades y los costos para el establecimiento de viveros y de la plantación.

Las cantidades de captura de carbono dependen del número de árboles plantados. Se estimaron las cantidades de captura para cada sistema según modelos ajustados para la zona templada y la zona tropical al mismo tiempo, la Universidad de Edimburgo promovió el proyecto con la finalidad de encontrar compradores de este servicio ecológico. Actualmente el proyecto se ha ampliado a dos zonas más del estado de Chiapas y una del estado de Oaxaca, para hacer un total de 24 comunidades.

La experiencia del Proyecto de Captura de Carbono en Chiapas (Scolel té) se dice ha abierto un estratégico panorama para la sociedad rural en el sureste de México. Esta experiencia de alguna manera ha creado un antecedente para

que otras organizaciones indígenas exploren la venta de servicios ambientales. De igual manera, existen indicios del interés que ha generado esta experiencia en grupos privados y del gobierno para participar en la venta de captura de carbono.

Algunas investigaciones aseguran que la rentabilidad de algunas alternativas forestales y agroforestales de producción de carbono en México, tienden a ser viables esto es, que son económicamente eficientes, tal hecho nos lo demuestran proyectos como el realizado en la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo, Michoacán en donde se aplicó un sistema de manejo forestal para captura de carbono, tal estudio arrojó los siguientes resultados:

- Para el caso de estudio de San Juan Nuevo, Michoacán, se estimó el contenido y el aumento de carbono en la biomasa, en el suelo en los productos, así como la suma de estos tres almacenes, que representa el carbono total del bosque. Así mismo, se evaluó que hacia los 80 años la captura de carbono en biomasa y suelo comienza a estabilizarse, mientras que el carbono en productos alcanza esta estabilidad a los 100 años⁶⁰, debido a que el tiempo de producción y descomposición de los productos es diferente al ciclo natural del carbono en el ecosistema forestal. La captura total de carbono crece de forma constante entre los 50 y 100 años y comienza a estabilizarse a partir de esta última edad.

El potencial de captura total de carbono estimado para el bosque natural de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan, Michoacán, *a través del empleo del modelo CO₂FIX fue de 1.5 MtC⁶¹ a los 50 años, en una superficie de 8870 ha de Pinus.*⁶²

⁶⁰ Ordoñez Díaz José A. Benjamín (1999). *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. Primera edición: junio de 1999. Consulta en la página en Internet: www.ine.gob.mx

⁶¹ MtC=Megatoneladas de Carbono= Un millón de toneladas.

⁶² Ordoñez Díaz José A. Benjamín. *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. Op. Cit.

En relación al contenido de carbono por hectárea, se obtuvo que, *a largo plazo, la captura total unitaria alcanza 217 tC⁶³/ha, de los cuales 94 tC/ha provienen del suelo, 74 tC/ha de biomasa y 49 tC/ha de productos.*⁶⁴

Como resultado de esta investigación se estimó que:

- Al término del turno (50 años) la captura potencial de carbono para el bosque de Nuevo San Juan es de 1.5 millones de tC, para una superficie de 8,870 ha del género Pinus. En el largo plazo (250 años) esta captura se estabiliza en 1.9 millones de tC, equivalentes a 217 tC/ha.

Por último, si se toma en cuenta que a nivel internacional se ha fijado un precio aproximado de US \$10/tC por concepto de captura de carbono como “servicio ambiental” en proyectos forestales, se generaría una derrama económica considerable para la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Paricutiro. De hecho, considerando una captura neta de alrededor de 100 tC/ha, los beneficios mínimos estimados serían del orden de \$9 millones de dólares. Este recurso ayudaría a conservar los bosques de la comunidad y a seguir obteniendo otros beneficios, como conservación de suelo, acumulación de agua, almacenamiento y reciclaje de nutrientes, limpieza del aire, y sobre todo, conservación y mantenimiento de la riqueza y diversidad biológica del lugar.⁶⁵

Se sabe que en el largo plazo, el valor de mercado de las unidades de carbono capturado fijará un precio que será definido por los costos de producción del servicio por parte de los países en desarrollo, esto es por el lado de la oferta y los costos de reducción de emisiones de los compradores por parte de los países desarrollados, esto es por el lado de la demanda; con lo cuál el valor de cada unidad de carbono capturado tenderá a ser elevado.

⁶³ tC= toneladas de carbono

⁶⁴ Ordoñez Díaz José A. Benjamín. “Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán”. Op. Cit.

⁶⁵ Ruiz C. (2006). El porvenir Económico. *Venderán Empresas Mexicanas Certificados de no contaminantes*. Obtenido el día Domingo, 5 de noviembre de 2006, de http://www.elporvenir.com.mx/notas.asp?nota_id=82576

Hasta el momento hay 110 compañías que buscan el registro, pero sólo 21 lo han obtenido y son las que están en posibilidades de poder iniciar la venta de sus certificados en el mercado internacional.⁶⁶

Por lo tanto, como señala Banobras las perspectivas que tiene México, dado que el Mercado de Bonos de Carbono se encuentra en constante desarrollo, evidenciando un crecimiento geométrico en los últimos 4 años es que:⁶⁷

- La tendencia año con año duplique la demanda de bonos.
- En 2012 se espera un mercado mundial de 100 mil millones de USD.
- El MDL tiene potencial de cubrir hasta la mitad de las necesidades de reducción de los países Anexo I.
- Actualmente ingresa, en promedio, un proyecto al día en el ciclo de vida de proyectos MDL. Los precios de los CERs se encuentran en constante incremento.
- México dispone de un gran potencial para desarrollar proyectos MDL los cuales son sumamente atractivos en virtud de que los costos de transacción se reducen derivado a la existencia de metodologías aprobadas, así como a la eficiencia en la reducción de GEI.

A partir de lo expuesto en este apartado, hemos destacado dentro del marco del Protocolo de Kyoto y los mecanismos flexibles, el funcionamiento del Mercado de Bonos de Carbono, y las alternativas de mitigación de gases efecto invernadero como son los sumideros de carbono de los cuáles, se puede aprovechar sus características e insertarse en el comercio internacional.

Al mismo tiempo, se ha apuntado lo que se ha hecho en México dentro de este tema y las oportunidades que tiene nuestro país dentro de este contexto. De tal forma que se concluye, con base en la investigación realizada, que nuestro

⁶⁶ Admundo. (n.d.) *México ingresa al mercado de bonos de carbono de emisión de gases contaminantes*. Obtenido el día 25 de agosto de 2006, de http://www.adnmundo.com/contenidos/ambiente/bonos_gases_contaminantes_empresas_no_contaminantes_kyoto_250806.html

⁶⁷ Banobras (2007). *El negocio de limpiar el aire, los bonos de carbono*. Obtenido el día 1 de abril de 2007 de, <http://www.banobras.gob.mx/BANOBRAS/CasosdeexitoRevistayEventos/Revista/2doTrim2006/bonosdecarbono.htm>

país tiene gran potencial estableciendo reservorios de CO₂ a través de la preservación y la recuperación de sus recursos forestales, al aprovechar la coyuntura internacional del mercado de carbono a través de la creciente incorporación de proyectos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio establecido por el Protocolo de Kyoto. Con lo cual, México se vería beneficiado en términos económicos. Hasta aquí, se puede decir que nuestro país cuenta con importantes expectativas que nos indican que podría comercializar la captura de carbono aprovechando las condiciones actuales. Por lo tanto, se establece la comprobación de nuestra segunda hipótesis particular.

En el Capítulo III, se intentará presentar una alternativa de reforestación para la posible resolución de problemas locales como es la contaminación ambiental y la disminución de inundaciones, contribuyendo al mismo tiempo a la posible solución de problemas globales como es la contribución a la disminución de las emisiones de CO₂; con un estudio de caso en México, en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, mediante una evaluación financiera, lo que nos llevará a comprobar la rentabilidad que tiene este tipo de proyectos cuantificando los beneficios que se generen, como la colocación de bonos de carbono aprovechando el incipiente mercado de bonos verdes. Con lo cual se intentará reforzar, en términos cuantitativos, las hipótesis señaladas a lo largo del presente estudio.

- CAPÍTULO 3 -

Alternativa de Absorción de Bióxido de Carbono para el caso del Parque Estatal Sierra de Guadalupe

“Si pensamos que cada árbol o arbusto adulto aporta 9 Kg de oxígeno al año y depura 6 de bióxido de carbono (que entre todos emitimos a nuestra atmósfera), seremos conscientes de la importancia de estos seres vivos para la vida en el planeta... O si añoramos aquellos que cortamos y que, desgraciadamente, ahora no pueden retener la tierra que taponan nuestras cañerías, alcantarillas, canalizaciones, etc., durante la época de lluvias... Nos daríamos cuenta de la importancia de reforestar y preservar los bosques.”¹

3.1. México en el Marco del Protocolo de Kyoto

Dentro del plano internacional, y con base en las investigaciones realizadas por el INE², se sabe que México se vio sometido a presiones en el periodo en el que se negoció el Protocolo de Kyoto, por parte de los países desarrollados para incorporarse al Anexo I de la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, con base en su adscripción a la OCDE. En los meses siguientes a la adopción del protocolo, las presiones se dirigían hacia la posibilidad de que México asumiera compromisos voluntarios de orden cuantitativo, con relación a las emisiones de gases contaminantes regulados mediante este instrumento.

Este mecanismo permite que los países con compromisos lleven a cabo medidas de reducción de emisiones o de captura de gases de efecto invernadero en países que, como México, no tiene un compromiso cuantitativo en el Protocolo. El protocolo de Kyoto, posibilita además a los países con altos costos de reducción, identifiquen y paguen los costos incrementales de proyectos realizados en países sin compromiso cuantitativo y a menor costo

¹ España, ONG. “Málaga reforesta”. Obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.malagareforesta.org>

² Basurto Daniel (2005). *El Cambio Climático y la legislación Mexicana*. Entorno ecológico. Pág. 15.

por unidad de emisión evitada. Esto es que, el Mecanismo sirve para crear un mercado de proyectos que lleva recursos a donde éstos se necesitan para llevar a cabo acciones que, al final tienen una mayor eficiencia económica. Este es un mecanismo que México puede aprovechar muy bien.

En Abril de 2004, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo que crea la Comisión Intersecretarial, llamada Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, en sustitución al Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero creado en 2004. La Comisión se estableció como Autoridad Designada en términos del Protocolo de Kyoto para otorgar cartas de aprobación a proyectos encaminados a la reducción de emisiones y captura de gases contaminantes.³

Así mismo, facilitar, promover, difundir y evaluar tales proyectos, además, otro de los objetivos es la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la contribución de la disminución del impacto del cambio climático, relativos al cumplimiento de los compromisos adquiridos por México.

3.2. Marco legal nacional para el caso de proyectos ambientales y el mercado de carbono

En nuestro país, los instrumentos económicos han tomado un mayor peso en la política ambiental, de modo tal que en *la reciente reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se ha incorporado la Sección III de Instrumentos Económicos, con un total de 3 artículos y 11 fracciones.*⁴ Lo cual significa, que el sistema regulatorio tradicional es complementado con éste nuevo tipo de instrumentos, a fin de lograr los objetivos de la política ambiental.

³ Basurto Daniel óp. cit. Pág. 15.

⁴ González Guillen, M. J. *Valuación del Programa por Servicios ambientales*. Colegio de Posgraduados. Obtenido el día 8 de Julio de 2006, de www.conafor.gob.mx

Con los instrumentos económicos se persigue hacer efectivos los dos principios de la política ambiental:

- *Quien contamine, haga un uso excesivo de recursos naturales, o altere los ecosistemas, debe asumir los costos inherentes a su conducta.*

- *El que señala que quien conserve los recursos e invierta en la conservación ecológica, reconstruyendo el capital ambiental de la nación, debe recibir, por ello, un estímulo o una compensación.*

En cuanto a los instrumentos económicos en nuestro país, la ley define a estos como los mecanismos normativos y administrativos de carácter **fiscal, financiero o de mercado**, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos ambientales que generen sus actividades económicas y se les incentiva para realizar acciones que favorezcan al ambiente.⁵

Así mismo, se reconoce que se debe facultar a la Federación, los Estados y el Distrito Federal para diseñar, desarrollar y aplicar instrumentos económicos que tiendan a incentivar el cumplimiento de los objetivos de política ambiental.

Con base en lo anterior, es que el presente estudio intenta demostrar la viabilidad de inversión ambiental hacia la restauración de recursos forestales en la zona metropolitana de la Ciudad de México, como parte de un proyecto encaminado a la mitigación de gases efecto invernadero esencialmente CO₂.

Intentando señalar la viabilidad de la canalización de la inversión hacia la protección y restauración de los bosques en el Distrito Federal con el propósito de conservar e incrementar la masa forestal como sumideros de carbono, lo cual tendería a la creación de un mercado verde.

⁵ *Ibíd.*

3.3 Proyecciones y Perspectivas del Mercado de Carbono en México

Para justificar que se lleven a cabo programas de captura de carbono en México, y conocer las proyecciones y perspectivas que tiene nuestro país, es necesario realizar un análisis de las oportunidades y limitaciones que tienen este tipo de proyectos para su desarrollo en México, haciendo un comparativo de los mismos resultados.

Oportunidades para México: Sabemos bien, que además de la gran biodiversidad que guardan los bosques y selvas de nuestro país, promueven servicios ambientales, tales como regulación climática, conservación de suelo, productos maderables y no maderables, entre otros.

A través del tiempo se han ido realizando esfuerzos considerables durante las últimas décadas para el desarrollo de diferentes mecanismos y políticas para la protección y uso de forma sustentable de los nuestros recursos naturales. Pese a ello, falta mucho por hacer, lo que ha orillado a productores rurales a usar y en muchos casos a deteriorar el suelo y los bosques, como resultado de prácticas productivas ya sea de subsistencia o comerciales.

De tal modo que, al analizar el limitado éxito que se ha tenido con las políticas de conservación y protección ambiental en el país, los programas de “captura de carbono”⁶ aparecen como una nueva oportunidad en el diseño y ejecución

⁶ Cabe destacar que actualmente no existe un mecanismo que facilite la venta interna de captura de carbono, (dejando esta solo para la colocación en mercados internacionales) sin embargo, bajo la coyuntura actual que ofrece el programa PROARBOL, se espera un impulso significativo a este tipo de proyectos.

Francisco Salazar, Presidente en la Comisión Reguladora de Energía de México, mencionó que en México “se requiere de un marco legal y regulatorio efectivo, aunque el actual ha madurado de manera importante como para llevarse a cabo estos proyectos de MDL (...), se requiere de la eliminación de barreras y de un marco regulatorio para no convertirse en obstáculo para el desarrollo”, nuestro país tiene 78 proyectos que equivalen a alrededor de 6 millones de toneladas de carbono. “Necesitamos establecer alternativas para mandar el mensaje a todos los rincones de México y del Planeta para hacer llegar el significado de este peligro –Cambio Climático-.” Comentarios vertidos en el Foro “México y centroamérica con grandes potenciales para desarrollar el mercado de carbono”, publicado el 29 de marzo de

de nuevas políticas ambientales. De esta forma, se hace necesario analizar las oportunidades y limitaciones que tiene nuestro país dentro de los programas de captura de carbono.

Con base en la información obtenida por el INE, las oportunidades ambientales que tiene nuestro país, pueden ser divididas en dos categorías como beneficios directos e indirectos. El beneficio directo, y el principal argumento para la implementación de estos proyectos, es el carbono capturado como consecuencia de las prácticas realizadas en los proyectos (principalmente reforestación, forestación, conservación y/o manejo sustentable del bosque), eso sin contar con la reducción de emisiones de CO₂ debida a la prevención de la deforestación.⁷

Los beneficios indirectos ligados a los programas de captura de carbono dependerán del tipo de prácticas realizadas y están relacionadas con los diferentes servicios ambientales generados por los bosques, como son: la protección del suelo, de las cuencas, la conservación de la biodiversidad y la captación de agua.⁸ Estos beneficios exceden con mucho el aporte directo de estos proyectos y constituyen por sí solos una buena razón para promoverlos.

Un enfoque que puede ser útil para llevar a cabo esta tarea es estudiar la magnitud de los problemas que ayudan a reducir. Por ejemplo: en proyectos de conservación o de reforestación, sería necesario evaluar cuáles son las tendencias en el cambio de uso del suelo, y en función de éstas, cuál sería el costo de oportunidad de implementar proyectos de captura de carbono para evitar la deforestación en el primer caso o apoyar la restauración de zonas ya deforestadas en el segundo.⁹

2007, en el periódico ambiental planeta azul. Obtenido el 1 de abril de 2007 de, www.planetaazul.com.mx

⁷ Yáñez Sandoval A. INE (2005). *La Captura de Carbono en Bosques: ¿una estrategia de gestión ambiental?* Obtenido el día 04 de diciembre de 2006 de, <http://www.ine.gob.mx>

⁸ *Ibíd.*

⁹ *Ibíd.*

Más aún, se debe identificar las tasas de deforestación y los cambios de uso del suelo en el país, lo cual muestran los distintos estudios con base a los diversos análisis y metodologías propuestas en dicho tema, por ejemplo algunos resultados van desde 370 mil hectáreas anuales hasta 1,500 en la década de 1980 a 1990.¹⁰

Tabla 5: Oportunidades

Ambiental	Socioeconómico	Institucional
Carbono secuestrado	Mejores condiciones de vida y capacitación para la producción	Cumplimiento con el AMCCNU
Carbono no emitido	Alternativas viables para la población local	Buena imagen para negociaciones
Conservación de la Biodiversidad	Promueve el conocimiento científico y la generación de datos	Promueve enfoques de política integral
Conservación del Bosque	Provee financiamiento adicional para las prioridades nacionales	Fortalece vínculos entre actores
Conservación de suelos		Mejora la relación con el sector académico
Protección de Cuencas		Fortalece a las ONGs y a las organizaciones sociales

Fuente: Yáñez Sandoval A. INE (2005). *La Captura de Carbono en Bosques: ¿una estrategia de gestión ambiental?* Obtenido el día 04 de diciembre de 2006 de, <http://www.ine.gob.mx>

Según el más reciente reporte del Instituto Nacional de Ecología, basado en el estudio del Instituto de Geografía de la UNAM, la tasa de deforestación anual identificada para el período 1976-2000 es de 545,000 hectáreas.

¹⁰ *Ibíd.*

Tal cifra tiene gran significado si consideramos que para 1995, el 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en el país se debieron a cambios de uso del suelo y aprovechamientos forestales.

A pesar de las grandes tasas de deforestación, el país aún cuenta con extensas áreas forestales y con potencial forestal, que podrían ser consideradas para el establecimiento de estos proyectos y entrar así en el naciente mercado de emisiones.

En cuanto a las oportunidades socioeconómicas, dentro de esta categoría se puede mencionar que la contribución social de los programas de captura de carbono en países como el nuestro, se muestra más atractiva que sus beneficios ambientales.

Tal como lo indican las investigaciones propuestas por el INE al señalar que “la búsqueda de mejores condiciones de vida para los agricultores mediante la capacitación y la oferta de formas de producción alternativas viables, es un objetivo que puede ser alcanzado en el contexto de estos proyectos”.

La experiencia adquirida durante el desarrollo de los programas puede permitir a los agricultores adquirir conocimientos técnicos que de otra manera no estarían a su alcance, adicionalmente, el ingreso recibido directamente de la inversión en certificados de carbono.

Más aún, la implementación de este tipo de proyectos de captura de carbono en México, puede ser más barato¹¹ y costo-efectivo para la disminución de gases contaminantes como el CO₂ que el llevarlos a cabo en países desarrollados.

Sobre los beneficios para la población local, hay que mencionar que la reforestación es capaz de generar externalidades positivas en forma de disminución de escurrimientos traduciéndose en menores inundaciones al

¹¹ Esto puede ser más económico por que por ejemplo la mano de obra es más barata que en países desarrollados.

realizarse un proyecto de reforestación con el objetivo de capturar CO₂, beneficiando de esta forma a la población que se ve afectada ante tal problema, adicionalmente habría una mejora en la salud de la población traduciéndose en menores gastos sociales y privados.

Dentro de los beneficios institucionales, los proyectos de captura de carbono en el marco del MDL ofrecen una oportunidad para el cumplimiento de sus compromisos, a la vez que se demuestra su intención de jugar un papel activo en el mercado internacional de emisiones de carbono.

Limitaciones para México: Algunas de las principales limitaciones se encuentran en relación con la disponibilidad de “información ambiental” ¹² y con el intenso debate internacional sobre las metodologías para el diseño, verificación y monitoreo de los componentes ambientales.

Por otra parte, México, como país megadiverso, debe considerar el impacto que las actividades de mitigación al cambio climático pueden tener sobre su biodiversidad, ya sean positivas, neutras o negativas. En este sentido, las actividades actualmente seleccionables bajo el marco del MDL, forestación y reforestación, impactarán a la biodiversidad dependiendo del sistema de manejo elegido y la escala espacial y temporal del proyecto.

Estas actividades deben poner especial atención en la selección de especies y el diseño de las prácticas que se desarrollen en los proyectos. La reforestación con especies exóticas y el establecimiento de plantaciones monoespecíficas tendrá, sin duda, efectos negativos sobre la biodiversidad.

La principal *limitación socioeconómica* está relacionada con la forma de encontrar financiamiento adecuado para estos proyectos. Si bien se han hecho esfuerzos en las instituciones nacionales para incrementar la contribución nacional en el incipiente mercado internacional de emisiones de carbono,

¹² Resulta relevante, decir que la información en nuestro país no es total pues existen localidades ampliamente analizadas como lo es el área de nuestro estudio, la ZMVM, pero esto no es generalizado en todo el país.

sabemos, falta mucho por hacer, por tal motivo el presente estudio tiene el objetivo de desarrollar una propuesta de captura de carbono para el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, con el fin de analizar que es viable tanto ambiental, como social y económicamente este tipo de propuestas.

Las limitaciones que tiene México en este tema se atribuyen principalmente a la falta de mecanismos de coordinación entre diferentes agencias gubernamentales, así como contar con inventarios forestales confiables y actualizados, un marco institucional transparente y políticas adecuadas. No obstante, si contáramos con este escenario se alentaría más a los inversionistas extranjeros para la compra de créditos de carbono en nuestro país al asegurar una mayor confianza.

Tabla 6: Limitaciones

Ambiental	Socio económico	Institucional
Intenso debate sobre la medición de parámetros de captura y almacenaje	Dificultades para el financiamiento	Coordinación ineficiente entre niveles de gobierno e instituciones
Investigación in-situ muy limitada y bajo presupuesto	Dificultades para eliminar incentivos perversos	Marco legal e institucional débil para la implementación de programas de CC
	Insuficiente o inadecuada organización campesina	

Fuente: Yáñez Sandoval A. INE (2005). *La Captura de Carbono en Bosques: ¿una estrategia de gestión ambiental?* Obtenido el día 04 de diciembre de 2006 de, <http://www.ine.gob.mx>

México ha sido uno de los países en desarrollo que mostró gran interés en los proyectos de implementación conjunta entre países cuando esta opción fue planteada en la primera conferencia internacional sobre cambio climático. Desde entonces han existido numerosos esfuerzos al respecto, tanto en lo que se refiere a investigación, como en el diseño e implementación de los proyectos.

Adicionalmente, México tiene grandes oportunidades dentro de este contexto, por lo que debe aprovechar esta coyuntura internacional dentro del nascente mercado de bonos de carbono, además, con base en la información del INE, se estima que nuestro país tiene un potencial de reducción y captura de carbono cercano a los 81 *millones de toneladas entre 2008 y 2012*.¹³ Este potencial puede ser aprovechable a través de la realización de proyectos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MLD). Con base a los precios de mercado, tal potencial puede traducirse en ingreso aproximados a los *\$500 millones de dólares por concepto de venta de Certificados de Reducción de Emisiones*.

Con lo que se demuestra que nuestro país tiene un enorme potencial para reducir millones de toneladas anuales, lo cual supondría una entrada adicional de millones de dólares, si lograra vender esas reducciones a países desarrollados lo cual generaría beneficios económicos para el país y ambientales para el mundo, tomando en cuenta que la última información es que México es el 4º mejor país para desarrollar MDLs¹⁴, es bajo esta coyuntura que se piensa que un proyecto de reforestación en la Sierra de Guadalupe ubicada en la ZMVM, puede tener expectativas positivas, pese a que hay opiniones que apuntan a que el mercado de carbono internacional se está saturando y que la opción idónea sería fomentar la venta interna, esto aún no es posible¹⁵ y al parecer el mercado internacional atraviesa por una coyuntura favorable que no la excluye de las turbulencias que caracterizan a los mercados financieros, sin embargo eso es motivo de otro estudio y tiene que ser analizado desde la óptica de los mercados de futuros.

¹³ INE (2005). *El Cambio Climático y los gases de efecto invernadero*. Obtenido el día 04 de enero de 2007 de, http://cambio_climatico.ine.gob.mx

¹⁴ Viadas, Eduardo (2007). *Aterriza el mercado de carbono en México*, publicado el 30 de marzo, en el periódico ambiental planeta azul. Obtenido el 1 de abril de 2007 de, www.planetaazul.com.mx

¹⁵ Internamente la comercialización de bonos de carbono estaría dentro de los servicios ambientales, sin embargo, aún no es posible establecer impuestos o sanciones que obliguen a comprar bonos de carbono a las empresas o ciudades como medida para mitigar las emisiones contaminantes, ya que esto requiere de un nuevo marco legal similar al que se dió dentro del Protocolo de Kyoto pero a nivel nacional.

3.4. Hacia un proyecto de reforestación y de Absorción de Carbono en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe

En primer término tenemos que plantear las condiciones objetivas por las que atraviesa el Parque Estatal Sierra de Guadalupe y la ZMVM, lugar en donde se encuentra ubicado dicho parque estatal con el objeto de entender la dinámica que ha guardado su degradación y de identificar los beneficios y costos que tenga el proyecto de reforestación de manera integral, por tal motivo comenzamos con una referencia histórico de la expansión de la ZMVM.

3.4.1. Expansión de la Zona Metropolitana del Valle de México

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se integra por las 16 delegaciones del Distrito Federal, 58 municipios del Estado de México y 1 del Estado de Hidalgo, con un territorio de 148 mil 665.32 hectáreas. La población de la ZMVM, en el año 2005 suma 10.5 millones de residentes en 59 municipios del estado de México y los 8.7 millones de habitantes de las 16 delegaciones del Distrito Federal, un conglomerado urbano de más de 19 millones¹⁶.

Esta delimitación tiene "...un carácter prospectivo que pretende anticipar el proceso de urbanización de la región, ya que los límites de lo *metropolitano*, varían de un año a otro y, para un mismo año, entre distintas fuentes. En este caso, la amplitud relativa de la ZMVM, aporta una mayor estabilidad en el tiempo, indispensable para pronosticar y planificar el desarrollo urbano local en el mediano y largo plazos".¹⁷

En la ZMVM habita el *18.9 por ciento de la población del país* teniendo la mayor concentración industrial, comercial y financiera. Esta megalópolis es producto de un largo proceso histórico de concentración demográfica y

¹⁶ Gobierno del distrito Federal. Programa General de Desarrollo 2007-2012. Obtenido el día 22 de julio de 2007 de, www.comsoc.df.gob.mx

¹⁷ Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1998, p. 31

económica y de centralización política. En nuestros días, experimenta cambios muy importantes y afronta límites a sus posibilidades de crecimiento. Ha propasado los umbrales razonables en diferentes ámbitos, primordialmente en el hidráulico y el ambiental. También se han generado importantes deseconomías de aglomeración que eliminan las ventajas comparativas y competitivas que la impulsaron en décadas pasadas.

La disminución de su dinámica económica y el deterioro general de las condiciones materiales y sociales de vida, en una aglomeración como esta, traza importantes problemas en términos de empleo, economía informal y las necesidades de infraestructura y servicios necesarios para los pobladores.

En el Siglo XX es posible distinguir cuatro etapas de crecimiento de la ZMVM:¹⁸

1) El desarrollo intraurbano, 1900 a 1930; la lucha revolucionaria originó una disminución demográfica entre 1910 y 1921, pero al término del enfrentamiento la población se incrementó notablemente al igual que el área urbana debido a la relativa estabilidad política y social que presentaba.

2) El inicio de la expansión, de 1930 a 1950; la industrialización manufacturera generó una demanda de fuerza de trabajo, que propició que la población creciera 56 por ciento entre 1930 y 1940 y su superficie 36 por ciento; estos indicadores se duplicaron en el período 1940-1950, y se inició el crecimiento sobre los municipios del Estado de México.

3) La metropolización, de 1950 a 1980; en este período se triplicó la población y superficie, la tercera parte de este crecimiento se ubicó en los municipios conurbados. A pesar de las políticas de desconcentración industrial, en la década de 1970-1980, la población siguió asentándose en la ZMVM.

¹⁸ Cervantes, Enrique. *La Ciudad de México*. Ed. Autor. 1995, p. 14

4) La formación de la ciudad-región o megalópolis del centro de México; el rasgo principal es el crecimiento en la corona regional de las metrópolis alrededor de la del Valle de México; también se le denomina Ciudad-Región.

Por lo tanto, el Área Metropolitana de la Ciudad de México experimento una extraordinaria expansión demográfica. En 1950, la población de la ciudad era de 2.9 millones; para 1970 había crecido a 9.3 millones expandiéndose rápidamente hacia el Estado de México.¹⁹ Actualmente el Área Metropolitana de la Ciudad de México tiene una población de aproximadamente 18.4 millones de personas.²⁰

Hasta los años setenta se presentó un alto crecimiento en la ZMVM debido al proceso de industrialización, pero a partir de los ochenta se observan cambios importantes: la desaceleración a nivel nacional de las tasas de crecimiento, pero principalmente en las grandes zonas metropolitanas.

Las causas de este suceso se debe al proceso de desconcentración de las actividades manufactureras, una gran parte se desplaza hacia los estados de Hidalgo, Querétaro, Puebla, Tlaxcala y Morelos. Este fenómeno se acentuó en la siguiente década, presentándose una creciente tercerización del DF, y la industria se consolida en los estados de México, Morelos, Querétaro y Tlaxcala. Estos hechos marcan el inicio de la nueva etapa de concentración económico-demográfica, que dará origen a la Megalópolis del Centro del país.²¹

Cabe mencionar que entre los factores que señalan el llamado proceso de “expulsión” de la población se encuentran: la pérdida de dinamismo económico, la caída del empleo, la descentralización de las empresas y las restricciones para la instalación de nuevas fábricas en la ZMVM, dados los altos índices de contaminación ambiental en esta zona, así como al terremoto de 1985.

¹⁹ OECD Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006). *Estudio del Área Metropolitana de la Ciudad de México*. Obtenida el día 15 de junio de 2006 , de www.oecd.org/dataoecd/33/63/36741653.pdf

²⁰ *Ibíd.*

²¹ *Ibíd.*

En los siguientes años las zonas metropolitanas de Toluca, Pachuca y Querétaro continúan mostrando un gran dinamismo con tasas del 3.5 por ciento anual, la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala muestra un ritmo de crecimiento de 2.6 por ciento. La Zona Metropolitana de Cuernavaca-Cuautla presentó la más fuerte disminución, pues de una tasa del 4.0 por ciento entre 1990-1995, descendió al 2.0 por ciento en 1995-2000²².

Crecimiento poblacional de la ZMVM

Durante la segunda mitad del siglo XX la población de la ZMVM pasó de 2 millones 953 mil habitantes en 1950 a 18 millones 210 mil en el año 2000. La ocupación física del territorio pasó de 22 mil 960 hectáreas a más de 741,000ha., que representa el 0.37% de la superficie total del país²³.

Este gran crecimiento se dio en un contexto demográfico nacional de fuerte expansión. La población total del país creció de 25.8 millones de habitantes en 1950, a 48.2 millones en 1970, a 81.2 en 1990 y a 97.4 millones en 2000²⁴, lo que significa que poco más de un quinto del crecimiento demográfico del país en los últimos 50 años, ha tenido lugar en esta parte del territorio nacional.

De esta manera la ZMVM presentó dos grandes tendencias en la segunda mitad del siglo XX:

a) *Crecimiento acelerado*, período 1950-1980, la ZMVM presentó tasas de crecimiento muy altas (4.4 por ciento anual), como resultado del alto crecimiento natural y de la fuerte atracción de inmigrantes. En esta etapa su población pasa de *3.5 millones en 1950, 9.3 millones en 1970 y a 13.0 millones*

²² *Ibíd.*

²³ Secretaría de Transporte y Vialidad. *Programa de transporte y vialidad 2001-2006*. Obtenido el día 22 de Julio de 2007 de, www.setravi.df.gob.mx

²⁴ Juárez Neri V. M. Scripta Nova. (2003). *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona*. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 Vol. VII, núm. 146(040). Obtenida el 10 de Junio de 2006, de <http://www.ub.es/>

en 1980²⁵, año en que alcanzó su más alta participación de la población nacional: 19.4 por ciento.

b) *Crecimiento moderado*, período 1980-2000, la ZMVM presenta una disminución de sus tasas de crecimiento. Las causas aparentes son la disminución de la fecundidad y pérdida de población, presentando un saldo neto migratorio negativo.²⁶ Las tasas de crecimiento son menores de la media nacional. Sin embargo su población aumentó a 15.6 millones en 1990 y a 18.4 millones en el 2000, disminuyendo a 18.9 por ciento su participación en la población nacional.

Para los noventa, la ZMVM siguió mostrando una reducción de su ritmo de crecimiento, cuya tasa se situó por debajo del nivel nacional. Durante el periodo de 1990-1995 su población se incremento al 1.89 por ciento anual y se incrementó en 1.7 millones de habitantes, mientras que de 1995-2000 su tasa se redujo casi medio punto para ubicarse en 1.42 por ciento, y su población se aumentó 1.1 millones de habitantes, 38 por ciento menos que en el quinquenio anterior; lo que viene a confirmar su tendencia como zona de ligera expulsión de población.

Sin embargo, se sabe que al interior de la ZMVM, se presentaron grandes diferencias, esencialmente entre el del Distrito Federal y los 59 municipios conurbados. Mientras que el DF redujo rápidamente su tasa de crecimiento de 4.8 por ciento anual entre 1950 y 1960, a 0.4 por ciento entre 1990 y 2000²⁷, los municipios conurbados mantuvieron tasas de crecimiento muy elevadas de 5.5 por ciento en 1950-1960, 11.9 por ciento en 1960-1970, 7.2 por ciento en 1970-1980, y 3.0 por ciento en 1990-2000.²⁸

²⁵ Ibíd.

²⁶ Ibíd.

²⁷ Ibíd.

²⁸ Ibíd.

Como resultado de este proceso, el peso relativo del D.F. dentro del conjunto de la ZMVM disminuyó de 86.5 por ciento en 1950, a 61.9 por ciento en 1980 y a 46.8 por ciento en 2000. Complementariamente, la importancia de los municipios conurbados aumentó de 13.5 por ciento, a 38.1 por ciento y a 53.2 por ciento, respectivamente, actualmente albergan a la mayor parte de la población de la Metrópolis.

En suma, la dinámica poblacional de la ZMVM ha ido disminuyendo, sobre todo a partir de 1980, hasta este período presentaba tasas mayores a las del país, es de destacar la tasa que se presenta entre 1980 y 1990: *0.76 por ciento*²⁹, la que usualmente se explica por los efectos derivados de los sismos de 1985 y alguna sobreestimación del censo de 1980. El Distrito Federal incluso presenta una tasa negativa (-0.71 por ciento) y se considera que tuvo una emigración de casi un millón de habitantes.

Este escaso crecimiento ha tenido su contraparte en los municipios conurbados del Estado de México, los cuales presentan tasas de crecimiento superiores a las nacionales y a las del propio centro del país, en 20 años han incrementado su población de 5.6 millones a 9.7 millones de habitantes³⁰, es decir se ha acrecentado en poco más de cuatro millones. Este crecimiento se ha dado la mayor parte de las veces sin mayor regulación y a través de asentamientos populares, muchas veces en forma irregular, sobre todo los que se presentan en los municipios de la zona oriente del Estado de México.

Dinámica del Desarrollo Urbano

La estructura urbana refleja en su extensión territorial, patrones de usos del suelo y una cierta distribución de densidades de población, que explica entre otros aspectos la demanda de transporte y la generación de viajes, las

²⁹ *Ibíd.*

³⁰ *Ibíd.*

distancias recorridas en los vehículos automotores y, por lo tanto, juega un papel fundamental en la generación de contaminantes atmosféricos.

El crecimiento de la ZMVM en los últimos 40 años, ocurrió en los municipios conurbados del Estado de México; ocasionado en parte, por la restricción a la construcción de nuevos fraccionamientos en el Distrito Federal, la cual originó un acelerado proceso de ocupación irregular de pobladores de escasos recursos al oriente del Valle, en los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec, Chimalhuacán y más recientemente en el Valle de Chalco Solidaridad y en las delegaciones de Xochimilco, Tlalpan y Magdalena Contreras, en el Distrito Federal. Esta tendencia se mantiene en el sur-oriente del Estado de México y sur del Distrito Federal, poniendo en peligro su riqueza forestal y su potencial de producción agropecuaria y con ello, la sustentabilidad futura de su desarrollo.

Así mismo, los patrones de asentamiento dentro del Valle de México actualmente han generado impactos negativos y ponen en riesgo el futuro de la metrópoli.

En tanto, desde el punto de vista económico, el patrón de asentamiento urbano disperso a lo largo de la periferia metropolitana y las carencias de infraestructura, multiplican los costos con relación a un desarrollo previamente planeado; la consecuencia de este patrón es una localización ineficiente de los recursos de la sociedad para el desarrollo urbano; un desperdicio que el país no puede aceptar, y desde el punto de vista social, el desorden urbano generará costos sociales crecientes que no puedan ser pagados por los pobres de la ciudad, así mismo, desde una perspectiva ambiental, el proceso de urbanización tiende a destruir los recursos naturales, como los bosques, los cuales no podrán soportar tal presión.

El crecimiento del parque vehicular, como consecuencia del crecimiento y de la dispersión urbana en la ZMVM:

El deterioro en la calidad del aire que se respira hoy en la ZMVM es provocado por la dispersión actual de los centros poblacionales y de trabajo al interior de la ZMVM dado que los viajes metropolitanos es decir los que cruzan los límites políticos de la Ciudad de México y el Estado de México ascienden a 4.2 millones ³¹ al día según datos de RTP, esto resulta alarmante pues de acuerdo con CETRAVI, estos 4.2 millones de viajes metropolitanos no representan más que el 20% del total que se realizan a diario en la ZMVM, en la siguiente tabla podemos observar la distribución del parque vehicular.

Tabla 7: Distribución del parque vehicular de ZMVM

Tipo de vehículo	Número de vehículo			
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM	
			NUMERO	%
Autos particulares	1,545,595	795.136	2.341.731	71.81
Taxis	103.298	6.109	109.407	3.36
Combis	3.944	1.555	5.499	0.17
Microbuses	22.931	9.098	32.029	0.98
Pick ups	73.248	262.832	336.88	10.31
Camiones de carga a gasolina			154.647	4.74
Vehículos diesel <3 toneladas			4.733	0.15
Tractocamiones diesel			70.676	2.17
Autobuses diesel	9.236	3.269	12.505	0.38
Vehículos diesel =3 toneladas	28.58	62.36	90.94	2.79
Camionetas de carga a gas lp	29.968	----	29.968	0.92
Motocicletas	72.28	424	72.704	2.23
Total	2.118.096	1.142.823	3.260.919	100

Fuente: Gobierno de la Ciudad de México, Fideicomiso para el mejoramiento de las vías de comunicación obtenido de <http://www.fimevic.df.gob.mx>

³¹ Gobierno de la Ciudad de México, *Red de Transporte Público*, Numeralia, obtenido el día 1 de abril de 2007 de <http://www.rtp.gob.mx/numeralia.htm>

Si tomamos en cuenta que los vehículos representan la fuente de emisión de contaminantes más importante dentro de los centros urbanos, del total de emisión de contaminantes (4,000,000 ton/año) los vehículos automotores aportan el 75%, en comparación a 3% emitidos por la industria y 10% emitido por los prestadores de servicios³², observaremos la importancia de tomar medidas para disminuir el impacto que estos tienen sobre la emisión de gases de efecto invernadero, cabe destacar que como ya se dijo aun no se cuenta con la posibilidad de vender la captura de carbono dentro del país, pero esto no significa que no debemos comenzar a cuantificar el problema desde una óptica local.

El tamaño del parque vehicular en la ZMVM era 3.2 millones de vehículos en 1998, mientras que el parque vehicular nacional ascendió a 12.4 millones de vehículos. El crecimiento del parque vehicular en los últimos 10 años ha sido del 25%³³, lo cual ha sido un factor importante en la no obtención de las metas globales de calidad del aire. Se estimó que en el 2005 el parque vehicular de la ZMVM alcanzó casi 5 millones de vehículos.

La ZMVM dada su actual coyuntura, como una enorme ciudad que ha rebasado límites políticos y que hoy se ubica dentro de 3 distintas entidades federativas, concentrando los mayores niveles de población, de automóviles y por tanto de emisiones de gases de efecto invernadero, con una creciente demanda por vivienda que obliga a los más pobres a destruir las zonas con cubiertas forestales que tantos y tan valiosos servicios ambientales nos proporcionan, resulta imperante la preservación y regeneración de los recursos naturales de la ZMVM, por lo que pensamos debe aprovecharse la coyuntura internacional del mercado de bonos de carbono, mediante la recuperación de bosques lo cual reflejará tanto beneficios ambientales como económicos y sociales.

³² México, Comisión Federal de Mejoras Regulatorias, Formulario MIR pre Moratoria para el anteproyecto: Proyecto de norma Oficial Mexicana NOM-041- ECOL-1999 que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina, obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.cofemermir.gob.mx>

³³ *Ibíd.*

Dentro de este contexto, el presente estudio intenta realizar un análisis del potencial para el secuestro de bióxido de carbono, en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, y la comercialización de bonos verdes dentro del contexto del Protocolo de Kyoto.

3.4.2. Proyecto de Reforestación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe

Esta investigación tratará de analizar las condiciones del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, mediante el diagnóstico de la situación actual y sin proyecto, analizando la problemática por la cuál a traviesa la Sierra de Guadalupe así como también establecer una alternativa para la resolución de los problemas que surgen por el abandono de la misma, examinando la rentabilidad de un proyecto de reforestación, para la regeneración y conservación de servicios ambientales y la colocación de bonos carbono aprovechando la coyuntura actual en el marco del calentamiento global.

Lo anterior se establecerá mediante la utilización de estadísticas y variables financieras como lo es el TIR y VAN, las cuales se calcularán como si se tratara de una evaluación privada por no disponer de mayores datos para hacer las tasas de descuento y valores sociales.

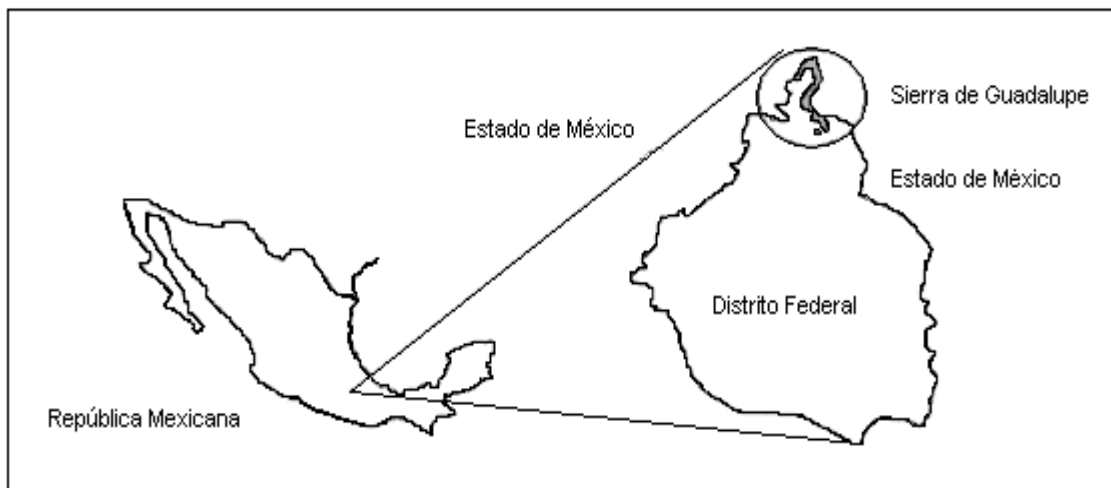
Es importante destacar que desde nuestra óptica la reforestación de la sierra de Guadalupe puede generar un círculo virtuoso, en tanto a beneficios directos por ahorros en los gastos de inundaciones para hogares y familias y por la posibilidad de un cofinanciamiento del proyecto con base al potencial de captura de carbono de la Sierra de Guadalupe.

3.4.2.1 Situación Actual y Sin Proyecto

3.4.2.1.1 Localización del área de estudio

La Sierra de Guadalupe se localiza al norte de la ZMVM.

Figura 8: Localización de la Sierra de Guadalupe



Fuente: Vela Correa, *et al.*, (2004). Informe final del Proyecto Núm. 06. *Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal*. UAM Xochimilco, Gobierno de la Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente, Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental. México.

Abarca cuatro municipios del Estado de México: Coacalco de Berriozábal, Ecatepec de Morelos, Tlalnepantla de Báez, Tultitlan y la delegación Gustavo A. Madero en el Distrito Federal. Su superficie es de 6 mil 503 hectáreas, de las cuales la inmensa mayoría (el 82 por ciento) se localiza en el estado de México y el porcentaje restante en el Distrito Federal.³⁴

Su nombre se debe a las distintas apariciones del mito Guadalupano, que le dieron nombre a este conjunto de alrededor de 10 elevaciones, cuyo pico más alto es el Picacho, que alcanza poco más de tres mil metros sobre el nivel del mar y que es la más alta elevación al norte del Distrito Federal. La administración y preservación de esta sierra está dividida, por una parte, está la Coordinación Regional de Tultitlan (estado de México) y por otra, la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural del DF. (CORENA).

³⁴ La Jornada Ecológica (2005). "De la Sierra de Guadalupe y de cómo rescatar sus tesoros". Obtenido el día 18 de noviembre de 2006, de <http://www.jornada.unam.mx>

Figura 9: Área Geográfica de la Sierra de Guadalupe



Fuente: Grupo ambientalista Sierra de Guadalupe. (2006). Obtenida el 7 de junio de 2006, de www.sierraguadalupe.org

Para el Distrito Federal “la Sierra de Guadalupe es considerada como Área Natural Protegida (ANP) y forma parte del Suelo de Conservación (SC) del Distrito Federal.”³⁵

En el Estado de México, la Sierra de Guadalupe tiene la categoría de Parque Estatal. La Sierra de Guadalupe se encuentra localizada al norte de la Ciudad de México, entre los límites del Distrito Federal y el Estado de México. “Geográficamente se ubica entre los 19°37' y 19°29' de latitud norte y a los 99°12' y 99° 02' de longitud oeste”³⁶.

La superficie de la zona que se sabe se ha estudiado es de “1,251.60 ha de las cuales 220 ha corresponden al parque nacional el Tepeyac y 1,031.60 ha están

³⁵ Vela Correa, *et al.*, (2004). Informe final del Proyecto Núm. 06. *Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federa*”. UAM Xochimilco, Gobierno de la Ciudad de México, Secretaria del Medio Ambiente, Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental. México.

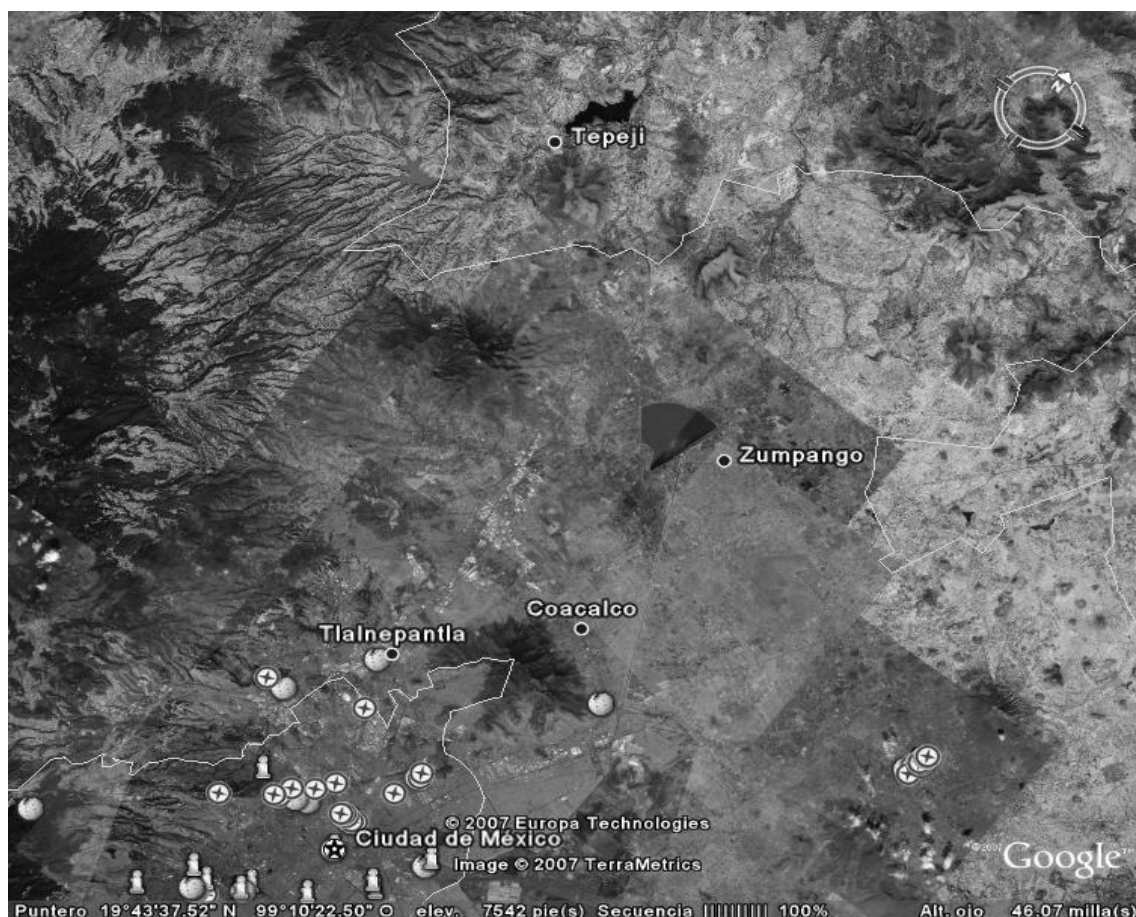
³⁶ *Ibíd.*

consideradas como Suelo de Conservación (SC)".³⁷ Sin embargo, comprende una superficie total de "5,306.75 has"³⁸.

Por su ubicación en el interior de la Cuenca de México, la Sierra de Guadalupe recibe la confluencia de las carreteras que unen a los estados de Querétaro, Hidalgo y Estado de México con el Distrito Federal.

En la siguiente imagen satelital se aprecia la ubicación geográfica de la Sierra de Guadalupe y la pérdida de la masa forestal que presenta como producto de la expansión urbana.

Imagen satelital 1: Ubicación geográfica de la Sierra de Guadalupe



Fuente: Google Earth (2007). Europa Technologies. Nasa.

³⁷ Ibíd.

³⁸ Ibíd.

La imagen satelital señala la ubicación geográfica de la Sierra de Guadalupe, al norte de la ciudad de México. Como se puede apreciar, se muestra un deterioro importante de la zona como consecuencia del abandono en la que se encuentra, así como la gran pérdida de la masa forestal. Cabe señalar que el crecimiento urbano en la Sierra de Guadalupe se desata a partir de la década de los setenta.

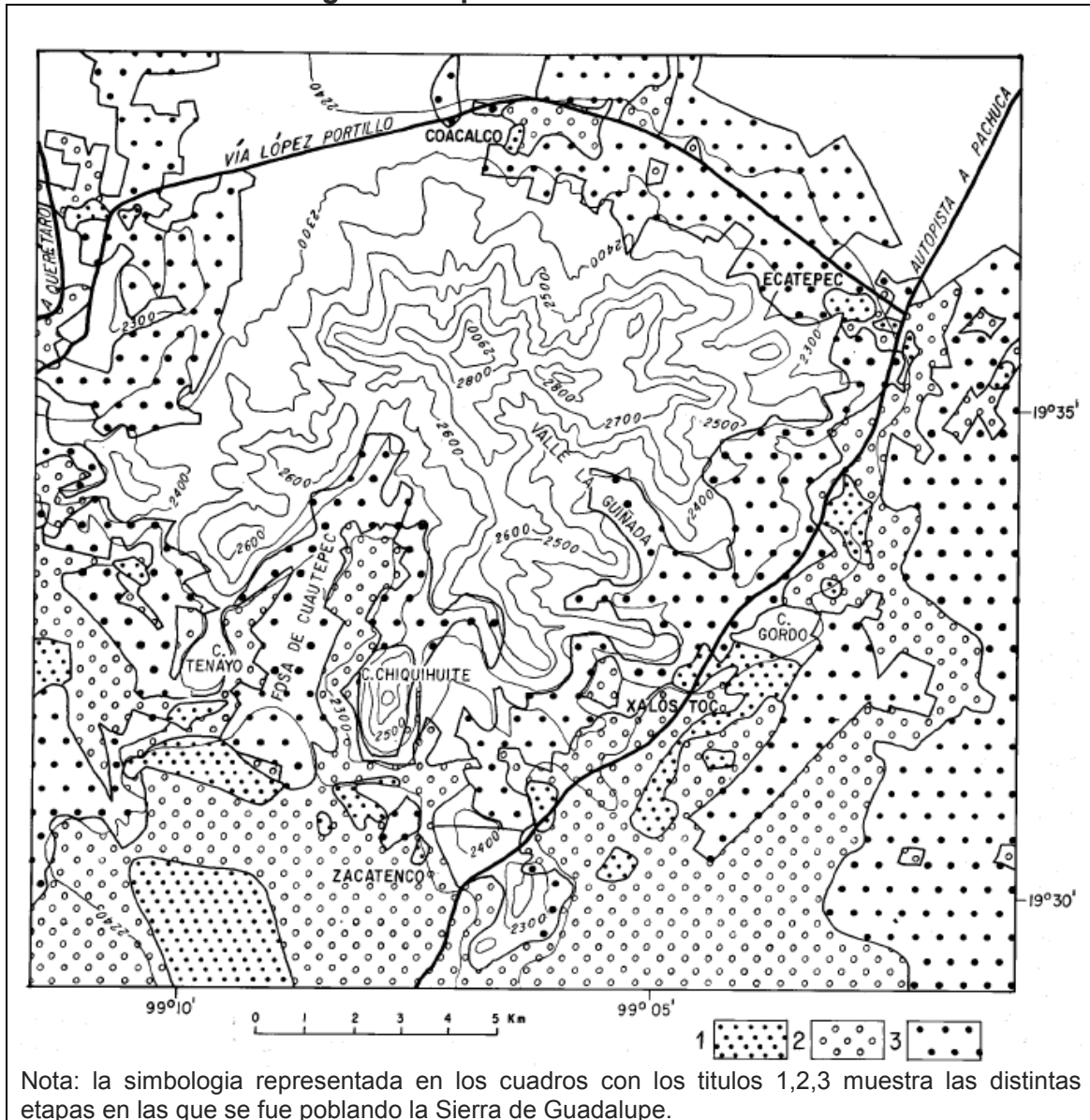
En efecto, durante la década de los años sesenta, había solo pequeños poblados identificados en el mapa con la simbología 1 y para la década siguiente, los asentamientos irregulares avanzaron por la periferia y el piedemonte meridionales. Este crecimiento se aceleró en los años setenta y en 1990 había sido urbanizado casi todo el piedemonte y parte de las laderas de los cerros.

El mapa de desarrollo urbano, permite apreciar que la segunda etapa de poblamiento cubrió la planicie contigua a la Sierra y parte del piedemonte, y en la tercera se produjo el crecimiento explosivo por todo el piedemonte y laderas de cerros.

El crecimiento más intenso surge del distrito Federal hacia el norte, avanzando por la fosa de Cuauhtepac, donde llega a 2500 m. s. n. m. y a menor altura en el Valle La Guinada. Estas dos depresiones urbanizadas y sus desembocaduras son peligrosas porque se trata de cuencas fluviales amplias, donde la concentración del agua es mayor.³⁹

³⁹ Lugo, H. J. y Salinas, M. A. (1996). "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales." *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 13, N°. 2. pp. 240-251.

Imagen 1: Mapa de Crecimiento Urbano



Nota: la simbología representada en los cuadros con los títulos 1,2,3 muestra las distintas etapas en las que se fue poblando la Sierra de Guadalupe.

Fuente: Lugo, H. J. y Salinas, M. A. (1996) "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 13, N°. 2. pp. 240-251.

Como puede observarse en el mapa, la población ejerce presión sobre el área del parque estatal pues los asentamientos irregulares se desplazan al interior del parque destruyendo la cubierta forestal y con esto erosionando más el suelo y poniéndose en riesgo a sí mismos pues los lugares en los que se ubican son altamente sensibles ante los escurrimientos provenientes de la Sierra.

3.4.2.1.2 Problemática actual

Para el grupo “Ambientalista Sierra de Guadalupe, AC”⁴⁰, la problemática actual de la Sierra de Guadalupe podría categorizarse de la siguiente manera:

a) Los incendios. Anualmente se destruyen 100 hectáreas, aunque en la presente temporada los incendios casi se han triplicado. Los daños por el fuego se deben, según los encargados de la Corena⁴¹, a “la falta de coordinación con los municipios del estado de México, ya que la gran mayoría de los incendios se inician en el Estado”. Se trata en su inmensa mayoría de incendios “provocados” que se expanden debido a la orientación del viento o bien al tránsito continuo de habitantes del Estado de México al Distrito Federal o viceversa. Los encargados de la Corena agregan, que han invitado a diferentes representantes o autoridades de la entidad vecina para coordinar los esfuerzos que eviten los incendios, o para actuar conjuntamente cuando éstos se presentan. Como es sabido, los incendios forestales pueden neutralizarse si se actúa a tiempo y en forma, y si la población adquiere conciencia de que hay que cuidar un bien natural que a todos pertenece y beneficia.

En entrevista con el presidente de la organización, señala que uno de los problemas que afecta directamente a la Sierra son los incendios forestales, que en la mayoría de los casos son provocados, mencionando la ineficiencia de los gobiernos locales para atender este tipo de acontecimientos, debido probablemente a la desorganización de los gobiernos, ya que esta zona se encuentra ubicada entre 4 municipios del Estado de México y una parte en la delegación Gustavo A. Madero del Distrito federal. Esto posiblemente, obedezca a la desafortunada visión cortoplacista que la mayoría de los gobiernos tiene en un horizonte de gestión, dejando de lado la visión de largo

⁴⁰ Página electrónica de la asociación, “*Grupo Ambientalista Sierra de Guadalupe*”. Obtenido el 1 de abril de 2007 de www.sierraguadalupe.org

⁴¹ Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.sma.df.gob.mx/corenader/>

plazo, lo cual hace más difícil encarar los problemas a los que se enfrenta la población en su conjunto.

b) Los asentamientos irregulares y regulares hacen que cerca de 20 a 30 hectáreas se pierdan por año. Influida por el boom de los fraccionamientos y la expansión sin control de la zona metropolitana. Lo que está ocurriendo, es que el avance de la mancha de asfalto, a costa de zonas arboladas de reserva, se acentúa cada vez más en el municipio de Ecatepec de Morelos. Debe reconocerse que las diferentes administraciones de éste cada vez más poblado municipio, poco han hecho para evitar la proliferación de asentamientos urbanos, y lo que es más grave y peligroso: que muchos de ellos se encuentran en zonas consideradas de alto riesgo.

Imagen satelital 2: Extensión espacial de la Sierra de Guadalupe



Fuente: Google Earth (2007). Europa Technologies. Nasa.

Con base a las experiencias del Grupo Ambientalista Sierra de Guadalupe sobre la problemática que presenta el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, y como señala el presidente de la organización Juan Carlos Campos, uno de los problemas fundamentales de la Sierra es el abandono en la que se encuentra, aunado a la creciente deforestación y el continuo avance de la mancha urbana hacia las partes más elevadas de la Sierra, trayendo como consecuencia inundaciones más severas, como lo señalo dentro del Foro Sierra de Guadalupe de 2005, “por ejemplo en 2004 se registraron al menos cinco inundaciones en las vialidades López Portillo y vía Morelos, afectando a más de 100 viviendas, debido a que las capas asfálticas impiden la infiltración natural del agua de lluvia hacia los mantos freáticos”.

Como vemos, la Sierra de Guadalupe se encuentra ubicada entre 4 municipios del estado de México y una delegación del D.F. los cuales, se ven fuertemente impactados por las consecuencias que genera la deforestación, como lo son las inundaciones.

Por otra parte, el presidente de la organización mencionó que “por cada construcción que se emprenda en esta zona propicia un mayor calentamiento de la misma, una más rápida evaporación de la cantidad de agua captada debido a la pérdida de la evapotranspiración, y con ello posibilitando la presencia de incendios forestales”. Lo que trae como consecuencia una mayor pérdida del área boscosa de la Sierra de Guadalupe.

Como podemos ver en la siguiente imagen satelital, es evidente el crecimiento desmedido y desordenado de la mancha urbana que se ha generado sobre la superficie del área de estudio, provocando una pérdida irreversible del área boscosa.

Imagen satelital 3: Presión de la mancha urbana sobre la Sierra de Guadalupe



Fuente: Google Earth (2007). Europa Technologies. Nasa.

Una de las complicaciones que enfrenta y sufre la Sierra de Guadalupe es el incremento de las unidades habitacionales (como se aprecia en la imagen anterior), es evidente la cercanía que hay entre estos y la Sierra lo cual afecta notablemente a esta, ya que posiblemente este tipo de acuerdos han sido llevados a cabo por gobiernos corruptos que aprueban las concesiones de construcción creciente de estas unidades; tal es la cercanía que existe entre estos y la zona de la Sierra que los pobladores del área, señalan el problema de serpientes que se introducen a los hogares, cabe señalar que tanto es problema para la Sierra como para los habitantes de los complejos habitacionales cercanos.

Sin embargo, con base a la investigación realizada y a las conclusiones a las cuales llegamos, dos problemas se consideran como fundamentales a consecuencia de la pérdida del área forestal de la Sierra dentro del presente análisis, las *inundaciones* y el problema de *contaminación ambiental* impactando fuertemente tanto a la sociedad como a los gobiernos locales económicamente, además de disminuir el bienestar y la calidad de vida de la población como consecuencia de estos dos factores.

En relación a las inundaciones, los representantes de la organización señalan que se han visto incrementadas las inundaciones año con año a consecuencia de la deforestación y del abandono en el que se encuentra dicha área.

Además de la importancia de la preservación de la misma, también es trascendental la calidad de vida de la población en relación al costo por las inundaciones, es decir, como consecuencia de la deforestación existe una menor retención de agua pluvial, por tanto se generan grandes inundaciones alrededor de la Sierra afectando directamente por una parte, a los gobiernos locales por el costo en desazolve año con año y por alcantarillado, además de los gastos que se generan para las familias por inundaciones dentro de sus hogares con daños directos por pérdidas materiales, y dentro de este mismo rubro se suman los gastos que se generan para los gobiernos por pérdidas materiales por hogar.

c) Actividades incompatibles, llamémosle así a todas aquellas que están en el polo opuesto a lo que es el cuidado de un recurso natural. Por ejemplo, la habilitación de dos áreas como basurero. Aunque han sido clausurados, continúan funcionando como si fueran un paisaje negativo en la Sierra. Los basureros pertenecen a los municipios de Tultitlán y Coacalco de Berriozábal, este último tiene una extensión de seis a siete hectáreas.

En opinión de la organización señalan que dado que “no existen programas de educación ambiental dirigidos a los habitantes de la Sierra. Se trata de algo

prioritario que ayudaría a evitar mayor depredación ecológica. Con realismo, debemos reconocer que el mayor depredador es el habitante local. Aunque su reeducación no es cosa fácil, debemos apostar más a este sector desde una perspectiva de revalorar la historia de la zona y su importancia a nivel ambiental y regional”.

Es de gran importancia que organismo civiles se interesen por la problemática que afecta a nuestro entorno natural, más aún, debe existir una interacción entre gobierno y sociedad para la resolución de los problemas que atañen a la población, que si bien es cierto el gobierno tendrá que implementar estrategias acorde a cada país y crear políticas eficaces, la sociedad también tiene la obligación de generar alternativas y contribuir en la medida de lo posible en la resolución de tales problemas.

d) La construcción de un relleno sanitario en el municipio de Coacalco de Berriozábal, concretamente en la colonia Calpulli del Valle. Se ubicaría a 500 metros de dicha zona habitacional y a unos cien metros del pozo que la abastece de agua. Este “relleno sanitario” representa un grave problema ambiental, tomando en consideración que sería un foco de contaminación de los mantos freáticos, se perdería una zona de captación de agua al ocupar un espacio importante que ahora funciona como tal, y estaría en riesgo la salud de quienes habitan diez colonias cercanas.

Estudios realizados por Greenpeace⁴² demuestran la gran probabilidad que existe de contraer diversas enfermedades, entre ellas cáncer de la piel, originadas todas por el relleno que se quiere hacer aparecer como de “alta tecnología”. Además, existe una relación estrecha entre contaminación ambiental y problemas de salud, generando por tanto gasto por enfermedades para los pobladores.

⁴² Página electrónica de la asociación Greenpeace México. *Bosques y Selvas*. Obtenido el 1 de abril de 2007 de, <http://www.greenpeace.org/mexico>

Con obras como la descrita, se pasa por alto que la Sierra es generadora de oxígeno, de humedad, y que permite la producción del agua que demandan los habitantes de numerosas colonias de Ecatepec de Morelos, Coacalco de Berriozábal, Tultitlan, Gustavo A. Madero.

e) La siembra de bosques de eucalipto que se realizó como parte de las primeras acciones de reforestación, perjudicaron a esta zona, debido a los múltiples inconvenientes de este árbol. El impacto de su presencia fue inmediato pues crece muy rápido. Pero trae problemas de plagas, desertificación de suelos, competencia con otras especies, acidificación de los suelos.

f) A pesar de que se considera a la Sierra de Guadalupe como Parque Estatal, la parte del estado de México registra diversidad de regímenes en la tenencia de la tierra: 14 ejidos, un bien comunal y 27 propiedades privadas; el DF ha expropiado la parte correspondiente. Son muchas las referencias de venta irregular de terrenos, presencia de caciques, zonas en las que incluso no es posible realizar desalojos debido a que invasores o “conocidos” de los propietarios con arma en mano impiden desalojos.

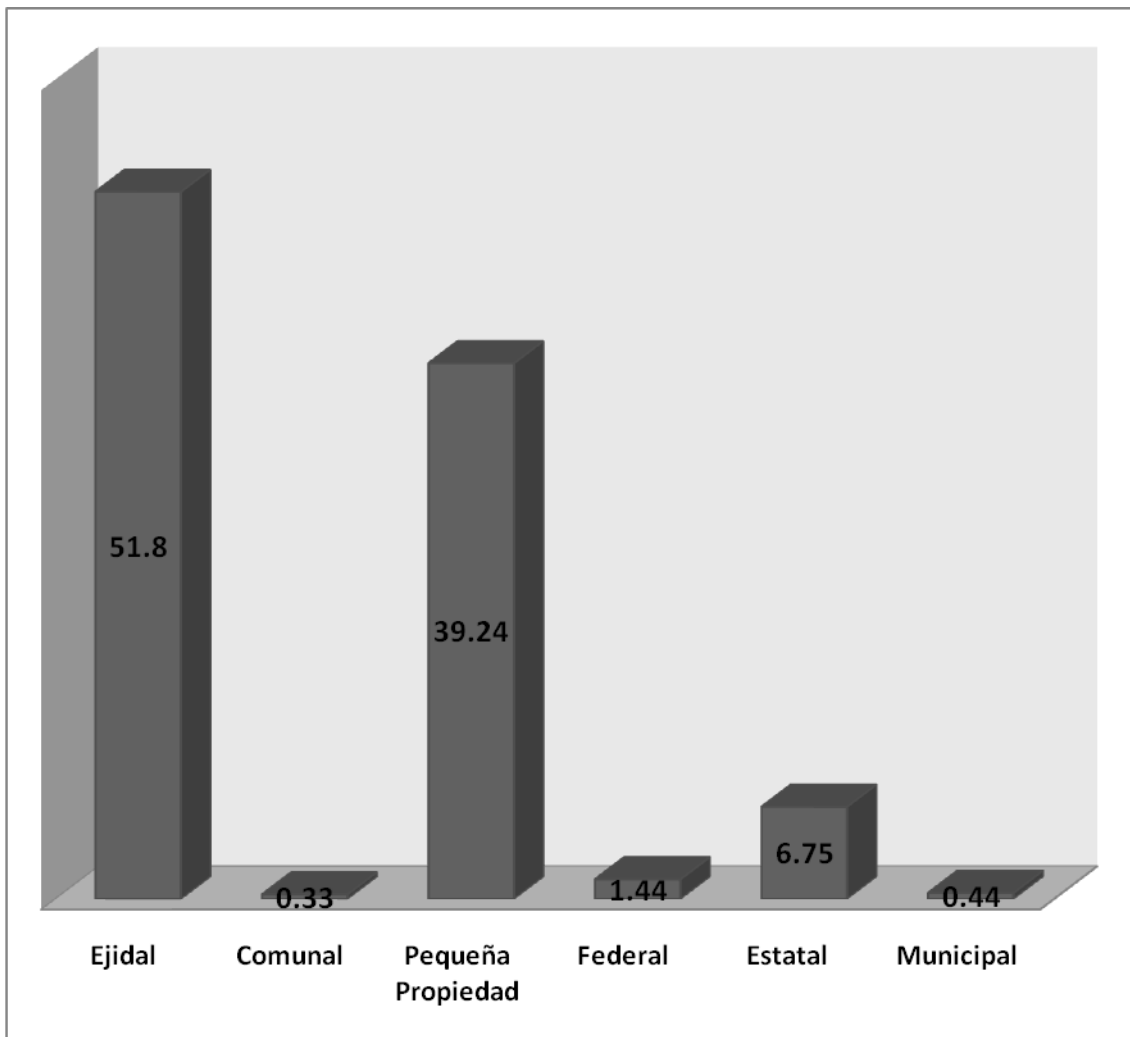
Las decisiones que los propietarios tomen junto con el Gobierno, pueden ser analizadas como un problema de teoría de juegos⁴³, solo nos limitaremos aquí a exponer una matriz de opciones para representar los escenarios y beneficios que puedan recibir de colaborar o no.

Los datos siguientes de la gráfica corresponden a la ficha técnica del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, elaborado por la Coordinación General de Conservación Ecológica, Secretaría de Medio ambiente del Estado de México y puede ser consultado en el anexo 1.

⁴³ El famoso teorema del prisionero es un ejemplo clásico de la teoría de juegos y versa sobre las posibilidades y consecuencias de participar juntos o no en una estrategia determinada.

Partamos de una base fundamental, la colaboración entre los propietarios y las autoridades es esencial; de lo contrario las políticas y propuestas fallan como es el caso de la ley de Parques Estatales y Municipales ya analizada, entonces si las decisiones no van en el mismo sentido no tendremos resultados positivos.

Gráfica 6: Tenencia de la Tierra en la Sierra de Guadalupe



Fuente: Elaboración propia con datos de Corena.

En cuanto a la tenencia de la tierra y la participación de los propietarios en este proyecto resulta complicado, más allá de los datos expuestos, verificar la cooperación que puedan tener para participar en un proyecto de reforestación, dado que estos propietarios en muchas ocasiones han lotificado sus territorios,

incrementando con esto la presión sobre la masa forestal y el incremento de los asentamientos irregulares.

En cualquier caso vale tener presente el marco jurídico en que se encuentra la Sierra de Guadalupe.

La Ley de Parques Estatales y Municipales del Estado de México,⁴⁴ en su artículo 11 establece que una vez expedido el Decreto de creación o ampliación de Parques, la Dependencia del Ejecutivo que se designe o el Ayuntamiento correspondiente, tomarán las medidas tendientes a efecto de convenir, en un término que no deberá exceder de 30 días, con los propietarios de terrenos que hubieren quedado comprendido dentro de los límites del mismo, su adquisición mediante convenios en que se atiendan sus respectivos intereses o a través de la expropiación por causa de utilidad pública

En el artículo se señala que los inmuebles comprendidos dentro de los linderos fijados para los Parques, seguirán en posesión de sus titulares, subsistiendo los regímenes de propiedad en tanto se proceda a realizar las negociaciones o acciones legales a que se refiere el artículo 11.

Finalmente el artículo 14 puntualiza que los propietarios y poseedores de áreas dentro del perímetro del Parque, deberán cumplir con las disposiciones que en materia de Parques establecen las disposiciones federales, locales y municipales.

⁴⁴ Ley de Parques Estatales y Municipales del Estado de México, Publicada el 29 de mayo de 1976, en Toluca Estado de México, (Derogada por el Código Administrativo del Estado de México, promulgado en septiembre de 2001) obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.edomexico.gob.mx>

Nota: es importante resaltar que pese a que esta ley fue derogada, estaba en vigencia en el año de la creación del Parque Estatal Sierra de Guadalupe y por lo problemas que aun se pueden observar podemos deducir que no fue aplicada de manera estricta pues los asentamientos irregulares no hicieron sino incrementarse en este tiempo.

Por otra parte, El Código Administrativo del Estado de México⁴⁵ establece dos importantes disposiciones:

En el artículo 4.27 se establece claramente que en los Parques Estatales sólo podrán permitirse la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y, en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación y educación ambiental, y proyectos productivos sustentables, conforme al programa de manejo.

Complementariamente, en el artículo 4.34 se señala que las áreas naturales protegidas establecidas podrán comprender predios sujetos a cualquier régimen de propiedad.

Como puede observarse, una ley que se estableció en los 70's y que decía claramente que debía expropiarse a los predios dentro del área natural protegida como sí lo hizo el Gobierno del Distrito Federal, fue violenta y no se cumplió con lo dicho en la ley, lo cual generó crecimientos desordenados de asentamientos irregulares ya que sus propietarios o no pudieron defenderlos o hicieron negocios con esto.

La nueva ley reconoce el derecho a la propiedad privada dentro del área natural pero limita sus usos, así que, en la práctica estos terrenos⁴⁶ no son más que un símbolo del cual difícilmente se puede aprovechar algo, dadas las condiciones de deforestación prevaletentes.

⁴⁵ Código Administrativo del Estado de México, promulgado en septiembre de 2001 en Toluca Estado de México, obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.edomexico.gob.mx>

Nota, es importante resaltar que el Código Administrativo del Estado de México, en sus artículos 4.25 al 4.41 recoge toda la legislación vigente en cuanto a áreas naturales protegidas y parques estatales. (Puede consultarse en el Anexo)

⁴⁶ Esto es común ya que cuando la gente siente que a través de los decretos pierde sus tierras, cuidan menos sus bosques; y por tanto, en muchas ocasiones se da por ejemplo un proceso de tala ilegal.

**Tabla 8: Matriz de Posibilidades de decisión
Gobierno vs Propietarios en la Sierra de Guadalupe**

	Participa Gobierno	No Participa Gobierno
Participa Propietarios	Comparten los costos de un proyecto de reforestación y ambos se benefician, el gobierno ahorra dinero por evitar inundaciones y por salud pública, los propietarios revalorizan sus propiedades aledañas al área natural protegida y se benefician de los servicios ambientales que provee un bosque.	Si el gobierno no participa, se enfrenta a costos crecientes por inundaciones, salud pública y por la probabilidad de que en el corto plazo enfrente una situación alarmante por la ausencia de servicios ambientales, así como una demanda creciente por parte de los asentamientos irregulares de servicios públicos
No Participa Propietarios	Pierde paulatinamente sus propiedades pues el crecimiento de los asentamientos irregulares, los hace susceptibles de invasiones, también corren el riesgo de que el gobierno tome medidas unilaterales de expropiación si no deciden participar en proyectos conjuntos.	Ambos seguirán cargando con un costo creciente por no tomar acciones que ayuden a rescatar el área protegida, el gobierno tendrá que asumir costos crecientes por inundaciones y salud pública, los propietarios pueden ser despojados paulatinamente por la expansión de los asentamientos irregulares

El cuadro anterior puesta en el eje horizontal las posibilidades del Gobierno y en el eje vertical las posibilidades de los propietarios particulares.

Cabe mencionar que la mejor opción en este juego es el participar juntos de lo contrario de manera individual las consecuencias son severas para cada uno de los agentes involucrados.

A continuación presentamos una tabla resumen sobre los principales problemas identificados en la Sierra de Guadalupe.

Cuadro 1: Resumen de problemas en la Sierra de Guadalupe

Problema	Consecuencia
Deforestación	Inundaciones, pérdida de suelo y disminución de retención de agua
○ Incendios forestales	Destrucción de 100 has anuales
○ Asentamientos humanos	Destrucción de 20 a 30 has anuales
Diversidad en la tenencia de la tierra	Poco control sobre las actividades negativas al ambiente
Proyectos no compatibles	Acciones que atentan contra la sobrevivencia de la zona
○ Construcción de basurero	Foco de infección para la población y contaminación de mantos freáticos

Fuente: Elaboración propia

Sabemos, de acuerdo al seguimiento periodístico realizado, que la situación no es nada fácil y que el compromiso de los distintos gobiernos involucrados no es más que discursivo en la mayoría de los casos, pues no se logran alcanzar acuerdos ni siquiera en medidas elementales, para poder asegurar la sobrevivencia de la Sierra de Guadalupe pese a los servicios ambientales prestados.

3.4.2.1.3 Situación sin proyecto

En el punto anterior hemos planteado la principal problemática que acontece en la Sierra de Guadalupe, donde prácticamente todos los problemas puedan ser considerados como resultado directo de la deforestación.

La Sierra se establece como el último reducto de extensión considerable de recursos naturales y áreas cubiertas de vegetación al norte de la Ciudad de México, formando la única barrera natural contra la contaminación y degradación del ambiente. “Interrumpe áreas con usos urbanos, industriales, explotación de minerales y áreas deforestadas, cuyos terrenos se encuentran,

en parte de la Delegación Gustavo A. Madero en el Distrito Federal y en los Municipios de Ecatepec, Coacalco, Tultitlan y Tlalnepantla del Estado de México, la cual por sus características morfológicas, geológicas y ecológicas la convierten en una de las más importantes reservas bióticas del Valle de México”.⁴⁷

La Sierra de Guadalupe presenta áreas deforestadas como producto de un uso y manejo indebido de los recursos naturales, por lo que es apremiante establecer acciones acorde a la situación actual, dado que existe una gran presión por el indebido crecimiento de la mancha urbana, lo cual, ha provocado una devastadora degradación de los recursos naturales.

“Se estima, que en los últimos 15 años más del 10% del área de la Sierra de Guadalupe se ha deteriorado en forma acelerada como resultado del crecimiento de la mancha urbana y la inexistencia de un plan de manejo de los recursos naturales remanentes”.⁴⁸

El crecimiento de la mancha urbana se manifiesta por el surgimiento desordenado de los asentamientos humanos en las partes aledañas, e incluso en el interior del área, los cuales incluyen tanto asentamientos irregulares, como autorizados, que en conjunto propician un crecimiento de las demandas de servicios urbanos difíciles de satisfacer dadas las restricciones que establece su ubicación geográfica, topográfica y la infraestructura urbana, así como la continuación de los intentos por invadir nuevas áreas para uso habitacional.

Debido al desmedido crecimiento urbano, cerca y sobre el área natural, se ha dado origen a incendios forestales con daños a la flora y fauna silvestre, así como también el uso de la vegetación forestal para uso doméstico como leña combustible.

⁴⁷ Vela Correa, Gilberto. Flores Román, David. Rodríguez Gamiño, Ma. de Lourdes. op.cit.

⁴⁸ *Ibíd.*

Al mismo tiempo, la perturbación y desaparición de la cubierta forestal, da pie a la presencia decreciente de aguas superficiales e incremento de la erosión del suelo, provocando obstrucción en el drenaje urbano, causando grandes inundaciones a las zonas aledañas como es el caso de Ecatepec, así como la aparición de tiraderos de desechos sólidos que tienen impacto directo sobre los recursos naturales y la salud de la población.

“El agravamiento de los problemas ambientales del área metropolitana de la Ciudad de México, cuenta como una de sus principales causas a la degradación acelerada y pérdida de porciones importantes de la cubierta forestal de la Sierra de Guadalupe, que forma parte de la desaparición de un 73% de los bosques de la ciudad, esto hace evidente la necesidad de implantar un proceso de reordenamiento de actividades humanas y de manejo de los recursos naturales que aún existen al norte de la Ciudad de México”.⁴⁹

Con la información anterior, si proyectamos la tendencia de las variables que afectan a la Sierra de Guadalupe y los servicios ambientales que recibimos de ella, el panorama no es alentador, a continuación se plantea dicho comportamiento.

Cuadro 2: Proyección de los problemas en la Sierra de Guadalupe a 30 años

Variable	Comportamiento	Proyección a 30 años
Incendios forestales	Destrucción de 100 has anuales	3,000 has
Asentamientos humanos	Destrucción de 20 a 30 has anuales	750 has
Total		3, 750 has

Fuente: Elaboración propia. (Cabe destacar que estos incendios son considerados un problema porque son ocasionados deliberadamente para liberar tierra para asentamientos humanos y no con fines agrícolas).

⁴⁹ Ibíd.

Si consideramos que la superficie de la Sierra de Guadalupe, tomando en cuenta el territorio del Distrito Federal y el Estado de México, es de 6 mil 503 hectáreas, entonces en 30 años de continuar con la tendencia actual estaríamos frente a la desaparición del 58% de la sierra de Guadalupe, con el sabido incremento en necesidades de inversión para los gobiernos locales a causa del incremento de la población y de la agudización de la problemática generada por la pérdida de servicios ambientales que proporciona esta región, tales como captura de agua y retención y formación de suelos.

A continuación presentaremos el costo económico que tiene para los gobiernos locales esta deforestación, pues como consecuencia directa de esta se generan mayores costos, tanto en inversión en infraestructura para asentamientos humanos, como para atender los desastres provocados por las inundaciones.

Cuadro 3: Rubro de aplicación de las inversiones por estado, 2005
(Millones de pesos)

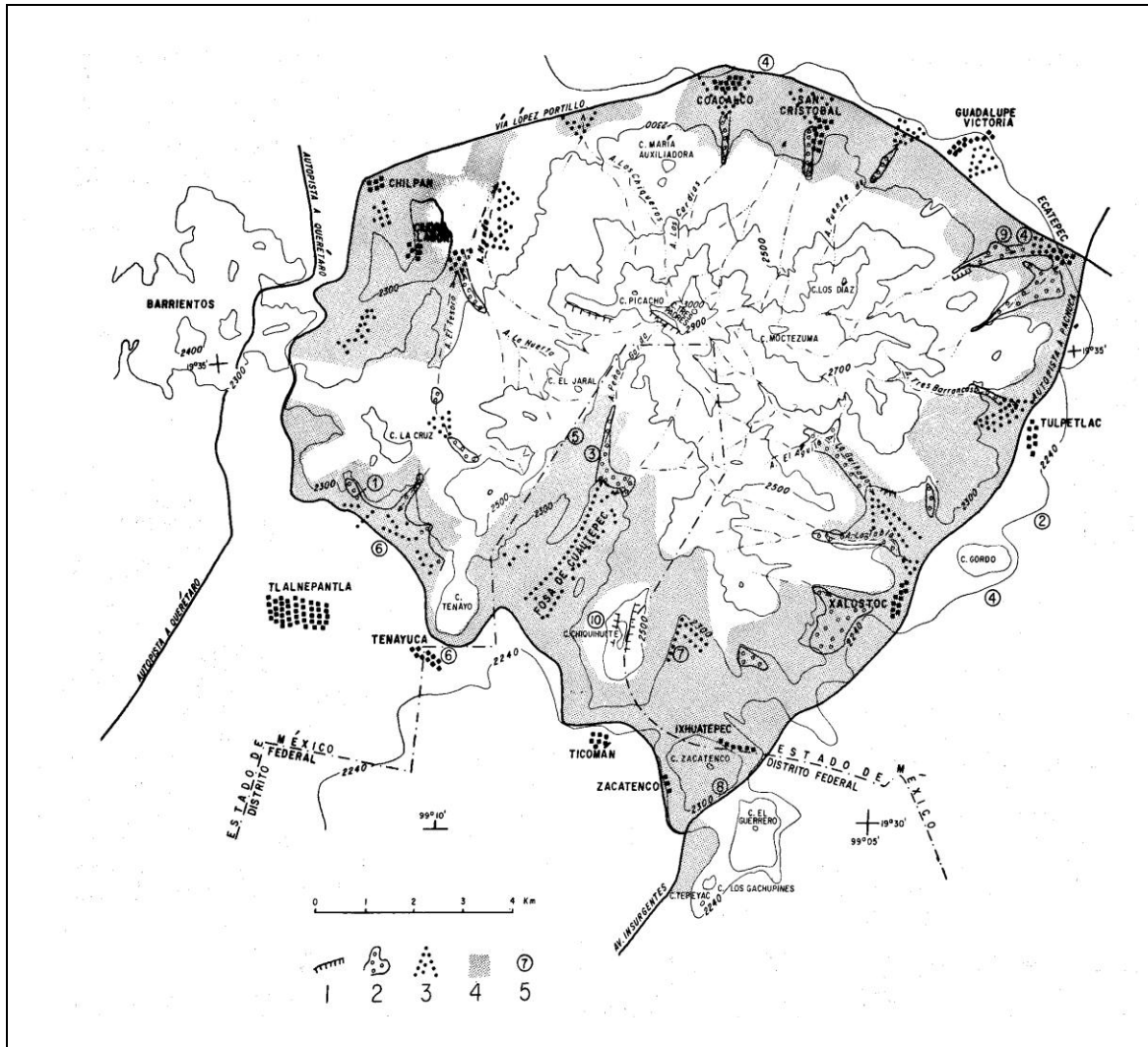
ESTADO	APLICACIÓN					TOTAL
	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	SANEAMIENTO	MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA	OTROS	
Distrito Federal	386.50	401.30	51.50	398.50		1,237.90
México	1,578.00	529.30	26.30	51.00	2.50	2,187.00

Fuente: Comisión Nacional del Agua www.conagua.gob.mx

“Uno de los principales problemas de la zona metropolitana es el riesgo de inundaciones, al cual contribuyen varios factores como son el crecimiento urbano en las zonas altas de la Ciudad, especialmente en las Sierras del Poniente y del Sur, que al cubrirse con calles, casas, techos y patios, han modificado la relación infiltración-escurrimiento, concentrando además en menores tiempos, caudales mayores originados por lluvias intensas y saturando los conductos; la invasión con asentamientos humanos de diversas zonas bajas de la Ciudad, las que siguen siendo reconocidas como vasos

reguladores por el agua de lluvia y por otra parte, la pérdida de capacidad de algunos componentes del Sistema de Drenaje de la Ciudad”.⁵⁰

Imagen 2: Mapa de zonas de riesgos en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe



Fuente: Lugo, H. J. y Salinas, M. A. (1996). "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 13, N°. 2. pp. 240-251.

El mapa anterior muestra la información histórica obtenida en la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas sobre los peligros y las inundaciones que

⁵⁰ Secretaría de Obras y Servicios. *Principales Logros y Avances en obra pública alcanzados por el Gobierno del Distrito Federal*. Obtenido el día 3 de noviembre de 2006, de http://www.obras.df.gob.mx/sos/informes/grandes_obras.html

han ocurrido en los alrededores de la Sierra de Guadalupe. A partir de la recopilación histórica de 1987 a 1995 se determinó lo siguiente:

- (1) Caída de Rocas (deslaves).
- (2) Inundaciones por crecida de arroyos
- (3) Inundaciones en la desembocadura de las corrientes fluviales.
- (4) Límite de la mancha urbana
- (5) Localidades donde ha habido daños⁵¹:
 - a. Deslaves en materia de relleno en el panteón Jardines del Recuerdo.
 - b. Grietas transversales en la vía Morelos, con hundimientos de un lado, 27 cm. en julio de 1993.
 - c. Inundaciones en la fosa de Cuauhtepac en calles Lucha Reyes y Jorge Negrete, 12 de Septiembre de 1992.
 - d. Inundaciones en la Vía Morelos, con altura del agua de hasta un metro, 27 de junio de 1991 y otras semejantes en la Vía López Portillo y Ecatepec.
 - e. Deslaves en Cuauhtepac Barrio Bajo, 21 de junio de 1990.
 - f. Inundaciones en Santa Cecilia y Tenayuca, 22 de septiembre de 1987. Inundaciones en la Colonia la Presa.
 - g. deslaves en la ladera oriental del cerro Zacatenco donde cruza la carretera a Pachuca, en varias ocasiones 1992, 1993, 1994.
 - h. Inundaciones de 30-50 cm de altura en Ecatepec y Coacalco, en 1993.
 - i. Caída de rocas en la ladera occidental del Chiquihuite , en 1995.

⁵¹ Lugo, H. J. y Salinas, M. A. (1996). "Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 13, N°. 2. pp. 240-251.

Las inundaciones han sido clasificadas en cuatro tipos:

1.- Las que se presentan en los cauces de arroyos durante lluvias fuertes o prolongadas, peligro muy obvio que muchas veces se ignora, porque la mayor parte del año los arroyos permanecen secos y son hechas construcciones en ellos, con obras rudimentarias de protección.

2.- Las que están presentes en los márgenes de los cauces fluviales, en las llanuras de inundaciones o laderas inferiores de barrancos. Las crecidas anuales son homogéneas, pero deben ser consideradas las extraordinarias que ocurren una vez en 10, 20 o 30 años, mismas que afectan una superficie más amplia o invasión por el agua, problemas que presentan en el pie de monte, donde los barrancos ensanchan su lecho.

3.- Por desembocadura de corrientes fluviales, un proceso peligroso ya que se trata de la zona donde puede formarse una corriente de lodo, lo que con mayor probabilidad ocurre en los cauces de orden mayor, como la fosa de Cuauhtepac y los arroyos La Guiñada y Los Chuiqueros.

4.- Finalmente, están las inundaciones que ocurren en la planicie lacustre urbanizada, donde el agua al estancarse alcanza incluso más de 50 cm. En ocasiones penetra a las casas.

Estos problemas de deslaves e inundaciones en la Sierra de Guadalupe han causado daños con mayor frecuencia desde hace 20 años, y es muy difícil que se reduzcan en un corto plazo, porque los asentamiento humanos siguen avanzando sobre las superficies despobladas de la Sierra a pesar de los intentos de las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México por contenerlos, como la barda de contención. La Construcción de la Barda como un intento por evitar los asentamientos irregulares con un alto costo, es una demostración de las invasiones de terreno al no respetarse la construcción de

este muro de contención en suburbios de la ciudad, los que son prácticamente incontrolables.

Entre el año 2001 y 2002 se realizaron dos obras de gran importancia en la Zona Metropolitana para atender el problema de las inundaciones, “La Planta de Bombeo Gran Canal (Km 18 + 500) con capacidad de 42 m³/s y la Planta de Bombeo Río Hondo, con capacidad de 24 m³/s, cuya construcción y puesta en operación han incrementado en más del 30% la capacidad de desalojo de las aguas residuales y pluviales del Valle de México y en forma proporcional han disminuido el riesgo de inundación en el Área Metropolitana.”⁵²

El costo de estos proyectos será tomado como una aproximación al costo social que tiene la deforestación de la Sierra de Guadalupe, pues de no presentarse esta deforestación como lo indica el Gobierno del Distrito Federal no existiría tal necesidad de inversión.

Cuadro 4: Nuevos Proyectos realizados para atender inundaciones en la ZMCM 2001-2002

Proyecto	Costo millones de pesos
Planta de Bombeo Gran Canal	230
Planta de Bombeo Río Hondo	145
Total	375

Fuente: Datos tomados del informe principales logros y avances en obra pública alcanzados por el Gobierno del Distrito Federal.

Cabe destacar que esto puede ser tomado como un parámetro de los costos que implica la deforestación para el gobierno, sin embargo, existen costos particulares que intentaremos calcular a partir de los siguientes datos.

En primera instancia, debido a lo complicado que resulta calcular el costo particular por hogar como resultado de una inundación, presentamos como una aproximación la cantidad que el gobierno del Distrito Federal otorgo a los

⁵² *Ibíd.*

afectados de este tipo de contingencias en la Delegación Iztapalapa en julio de este año.

“El director del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), Germán Martínez Santoyo, dijo que respecto a las familias que resultaron damnificadas por las inundaciones recientes en Iztapalapa, apuntó que el apoyo de 6 mil pesos que el Gobierno capitalino se ha comprometido a entregar, se autorizará una vez que el seguro que se encarga de este caso establezca el dictamen técnico que considera la cuantía que considere los daños y las causas que provocaron la emergencia”.⁵³

A partir de este cálculo de 6,000 pesos proyectaremos el costo probable que existe para las zonas de riesgo tanto en el Estado de México como en el Distrito Federal para el área circundante a la Sierra de Guadalupe.

Con la siguiente información podemos obtener el dato de las personas directamente afectadas por la deforestación de la Sierra de Guadalupe. El gobierno del Distrito Federal tiene identificados 112 puntos de riesgo de inundación en la ciudad, 27 de ellos considerados “críticos” porque podrían afectar viviendas y comercios en esta temporada de lluvias, en la que se prevé un incremento en las precipitaciones pluviales de hasta 15 por ciento, comparado con 2004, y hay 199 asentamientos irregulares de alto riesgo en barrancas, lechos de ríos y laderas de cerros en los que habitan 28 mil 176 personas.

Del total antes mencionado, el 23.6% se encuentra dentro de la Delegación Gustavo A. Madero, en la Zona circundante a la Sierra de Guadalupe, lo cual equivale a aproximadamente 6,650 personas. Según datos tomados del Atlas de inundaciones⁵⁴ publicado por el Gobierno del Estado de México podemos conocer la población directamente afectada por inundaciones en los municipios

⁵³ Ramírez, Bertha Teresa (2006). “El DF, s salvo de las inundaciones catastróficas: director de Aguas”. La Jornada. Obtenida el día 8 de julio de 2006, de <http://www.jornada.unam.mx>

⁵⁴ Gobierno del Estado de México, Secretaría del Agua y Obra Pública, Comisión del Agua del Estado de México. “Atlas de inundaciones No 12”. Obtenido el día 03 de diciembre de 2006 de, <http://www.edomex.gob.mx/caem/caem.htm>

de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan, en la zona circundante de la Sierra de Guadalupe.⁵⁵

Cuadro 5: Costo por inundaciones en el Estado de México

Municipio	Afectaciones			Costos de medidas para mitigar el problema (\$)
	Sitios	Habitantes	Superficie Km ²	
Coacalco	12	1,525	0.435	9,985,000.00
Ecatepec	29	3,530	3.153	6,128,100.00
Tlalnepantla	15	250	0.880	2,155,000.00
Tultitlan	6	4,280	3.014	7,950,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Inundaciones No. 12 Gobierno del Estado de México. Nota: estos datos solo incluyen el área circundante a la sierra de Guadalupe de acuerdo a la información obtenida en el Atlas de Inundaciones.

Cuadro 6: Estimado por pérdidas materiales por hogar

Municipio			Costo por pérdidas materiales por hogar ² (\$)
	Habitantes	Hogar ¹	
Coacalco	1,525	381	2,286,000.00
Ecatepec	3,530	883	5,298,000.00
Tlalnepantla	250	63	378,000.00
Tultitlan	4,280	1070	6,420,000.00

¹ Cálculo propio estimando que un hogar cuenta con aproximadamente 4 miembros

² Cálculo propio con la estimación de 6,000 pesos entregados a personas afectadas por inundaciones en la delegación Iztapalapa

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Inundaciones No. 12 Gobierno del Estado de México y datos de ayuda otorgada por el gobierno del Distrito Federal a afectados por inundaciones en la Delegación Iztapalapa.

⁵⁵ Es importante resaltar que la información, presentada en cuando a costos directos del gobierno del Estado de México por inundaciones, en los municipios que contienen la sierra de Guadalupe, son tomados del Atlas de inundaciones el cual está dividido en zonas y no solo contiene información generalizada del municipio por lo que no se sobre estiman los costos de las inundaciones producto de la deforestación de la Sierra de Guadalupe.

Presentamos a continuación una tabla resumen de los costos anuales por concepto de inundaciones, resultado directo de la deforestación de la Sierra de Guadalupe, en gobiernos locales del Distrito Federal y Estado de México, así como el costo estimado en los hogares por inundaciones así como el número de hogares susceptibles de inundaciones en la región.

Cuadro 7: Resumen de costo por inundaciones en la zona de la Sierra de Guadalupe (Hogares y Gobierno 2006)

Municipio	Habitantes	Hogares	Costos Gubernamentales para mitigar el problema (\$)	Costo por pérdidas materiales por hogar (\$)	Total (\$)
Coacalco	1,525	381	9,985,000.00	2,287,500.00	12,272,500.00
Ecatepec	3,530	883	6,128,100.00	5,295,000.00	11,423,100.00
Tlalnepantla	250	63	2,155,000.00	375,000.00	2,530,000.00
Tultitlan	4,280	1,070	7,950,000.00	6,420,000.00	14,370,000.00
Gustavo A. Madero	6,650	1,663	5,290,000.00	9,975,000.00	15,265,000.00
Total	16,235	4,059	31,508,100.00	24,352,500.00	55,860,600.00

Fuente: Elaboración propia con datos de costos estimados según seguimiento periodístico en la delegación Gustavo A. Madero, y del Atlas de Inundaciones del Estado de México, los costos en hogares se consideran a partir de la ayuda otorgada por el gobierno del distrito federal a afectados por inundaciones en la delegación Iztapalapa.

Los datos anteriores al ser considerados consecuencia directa de la deforestación en la Sierra de Guadalupe, obedecerán en el tiempo a la dinámica que esta tenga.

3.4.2.1.4 Situación optimizada

En este apartado es importante resaltar lo siguiente, la problemática de la deforestación de la Sierra de Guadalupe es resultado del crecimiento de asentamientos irregulares, este crecimiento urbano genera pérdida de la masa forestal teniendo como resultado entre otros problemas, el deslave del suelo y escurrimientos que provocan inundaciones y costos para la sociedad y el gobierno.

No podemos pensar que exista una forma para revertir esta tendencia que no pase por la reforestación, es decir, medidas políticas o administrativas han mostrado su ineficacia de forma sostenida, al no tener resultados sobre esta problemática. Por último, pensamos pertinente mencionar que la reforestación y conservación de la Sierra de Guadalupe por los servicios ambientales que otorga a la ZMVM es una prioridad, ya que los bosques sirven de sumideros de carbono.

Por lo tanto, los beneficios obtenidos de un proyecto de esta magnitud son enormes y diversos ya que con la adecuada protección para la preservación e incremento de la superficie forestal se controla el crecimiento de asentamientos irregulares; se consigue la formación de suelos al tiempo que se captura agua, lo cual impide escurrimientos que terminan convirtiéndose en inundaciones, aunado a capturar carbono, el cual es un gas de efecto invernadero que en nuestra ciudad se genera en grandes cantidades producto de la utilización de combustibles fósiles. Es así que en este tenor no encontramos una situación optimizada del problema que no incluya necesariamente la reforestación de la Sierra de Guadalupe.

3.4.2.2 Proyecto

3.4.2.2.1 Origen del proyecto

El proyecto de reforestación en la Sierra de Guadalupe nace de la coyuntura y la inquietud por buscar alternativas viables para la conservación y regeneración de la Sierra de Guadalupe, al tiempo que se busca que los actuales instrumentos de mercados ayuden a potencializar la creación de un proyecto, que permita colocar bonos de carbono y al mismo tiempo se logre una disminución de la problemática expuesta en el apartado anterior.

Nos parece importante decir que si bien es cierto que la aplicación de este proyecto por el solo hecho de la captura de carbono, es suficientemente plausible, quisiera abordar tal fenómeno desde el punto de vista de la sociedad

que vive y sufre la Sierra de Guadalupe, la cual posiblemente al ver el planteamiento en términos de un problema mundial como es el calentamiento global, no se sentiría representada en el, pero si se abordara desde su problemática local, estaríamos dando una solución desde lo local hacia un problema global.

3.4.2.2 Descripción del proyecto

Este proyecto propone la reforestación de la zona devastada en la Sierra de Guadalupe con los siguientes argumentos:

1. La reforestación impide que se siga extendiendo los asentamientos irregulares.
2. Reforestando se permite resarcir la capacidad de la sierra de retener agua teniendo efectos directos sobre los escurrimientos que actualmente propician inundaciones.
3. El detener las inundaciones genera beneficios directos sobre la población aledaña y crea ahorros en las inversiones de los gobiernos locales en la zona.
4. Bajo el contexto actual de calentamiento global, la reforestación crea la posibilidad de participar dentro de los mecanismos planteados por el protocolo de Kyoto en cuanto a la captura de carbono.
5. Al tener un área reforestada se puede colocar bonos de carbono en los mercados internacionales así que el proyecto podría ser autofinanciable en el mediano plazo.

Como parte del proyecto, se plantearán las especies óptimas de árboles⁵⁶ que pueden ser susceptibles de plantarse en la Sierra de Guadalupe, con el fin de que estas puedan adaptarse a las condiciones existentes y servir de sumideros de carbono y fuentes de retención y captura de agua. Una vez con la información de las especies para la reforestación se estimará su crecimiento, captura potencial de carbono, valor estimado de la captura de carbono en los mercados internacionales y los ahorros esperados para los gobiernos locales y para la población que vive en los alrededores de la Sierra de Guadalupe.

3.4.2.2.3 Área susceptible de reforestación

Es importante comenzar con una breve descripción de la cubierta vegetal existente en la Sierra de Guadalupe, “en las partes altas, y sobre todo hacia el norte, abarcando los municipios de Tultitlan y Coacalco de Berriozábal, hay formaciones de encinos, mientras que en las planicies predomina el matorral. Hacia el oriente, en los municipios de Ecatepec de Morelos y Tlalnepantla de Báez, sobresalen los pastizales y cactáceas, mientras que en la parte que corresponde al DF las formaciones son generalmente mixtas”.

Cuadro 8: Cubierta vegetal en la Sierra de Guadalupe

Especie	Superficie	
	Porcentaje	Hectáreas
Bosque de encino	10	650.30
Pastizal secundario	29	1,885.87
Pastizal xerófito	24	1560.72
Bosque cultivado	17	1,105.51
Nopalera	10	650.30
Matorral de encino	1	65.03
Agricultura o erosionado	9	587.27

Fuente: Elaboración propia con datos del grupo ambientalista www.sierraguadalupe.org

⁵⁶ Se considerarán a las especies óptimas como las que mejor se adapten al suelo y clima de la Sierra de Guadalupe, así como las especies nativas del área.

Las especies introducidas son el pino, el cedro, la casuarina y el eucalipto, una de las especies nativas que está rápidamente desapareciendo es el *palo dulce* que se encuentra en la zona centro de la sierra y cuyo rescate es de vital importancia, esta especie disminuye cada vez más debido al crecimiento urbano que se registra en la zona y porque sirve como alimento para el ganado.

Con los datos anteriores podemos plantear cual será el área a reforestar en la Sierra de Guadalupe. En primer lugar, es importante hacer notar que el 9% dedicado a la agricultura o erosionada, no cuenta con una productividad que induzca a sus dueños a conservar la vocación agrícola de dichas tierras, y esta situación representa una oportunidad para que se fraccionen las tierras y con ello el incremento de la mancha urbana. Así que esta área es completamente susceptible de conversión a bosque, lo mismo ocurre con los dos tipos de pastizales existentes pues estos son consecuencia de la deforestación.

Cuadro 9: Superficie susceptible de reforestación

Especie	Superficie	
	Porcentaje	Hectáreas
Pastizal secundario	29	1,885.87
Pastizal xerófito	24	1560.72
Agricultura o erosionado	9	587.27
Total	62	4,033.86

Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2.4.....Especies
para reforestación de la Sierra de Guadalupe

El *Estudio Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal*, realizado por el laboratorio de edafología de la UAM-Xochimilco, señala que “las especies apropiadas para las

condiciones de la Sierra de Guadalupe son: a) *Quercus sp*, b) *Mammillaria erectacantha*, c) *M. aureiceps*, d) *M. elegans*, e) *Opuntia sp*, f) *Agave sp*. g) *Buddleja sessiliflora*, h) *Arbustus xalapensis*, i) *Prosopis juliflora*, j) *Mimosa*, k) *acanthocarpa*, l) *Acacia farnesiana* , m) *A. schaffneri entre otras*".⁵⁷

De las cuales, las que presentamos a continuación presentan las mejores cualidades para la reforestación en la Sierra de Guadalupe.

Cuadro 10: Árboles con mayor potencialidad de adaptación a la Sierra de Guadalupe

Árbol	Distribución geográfica	Aspectos generales
ENCINO (QUERCUS SP.)	Se distribuyen casi por todo el país, desde nivel del mar hasta 3,000 m de altitud, por lo que el clima varía de calientes o templados húmedos a secos.	El bosque de Encino está conformado por especies del género <i>Quercus</i> o Robles, pudiendo presentar árboles de 6 a 8 o hasta de 30 metros.
PINO CEMPROIDE ZUCC.	En los Estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca	Árbol de 6-12 m de altura. Se encuentra formando bosques de Pino con masas arbóreas abiertas, árboles de baja altura y muy ramificados, y junto con otras latifoliadas entre los 1350 y 2750 msnm. Por esta razón este pino es considerado como apto para reforestar zonas erosionadas o semiáridas.
LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA L.	Se encuentra en la vertiente del Golfo a lo largo de la Sierra Madre Oriental es de Nuevo León y Tamaulipas, hasta el norte de Chiapas, en la vertiente del Pacífico en la Sierra Madre del Sur en Oaxaca y en la Sierra del Soconusco en Chiapas. Altitud: 400 a 1,800 m.	Familia: Hamamelidaceae. Origen: Sur de EE.UU., México y Guatemala. Etimología: <i>Liquidambar styraciflua</i> . Su nombre significa "ámbar líquido", debido a la resina aromática que se obtiene de su corteza. <i>Styraciflua</i> significa "rico en sustancias gomosas". Porte: piramidal o cónico.
PINORADIATA	Especie originaria de Monterrey, región ubicada dentro de las costas californianas, en E.U.	Alcanza una altura de 60m y más de 1.0m de diámetro.

Fuente: Elaboración propia con datos de la página electrónica de CONABIO. www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/34-hamam1m.pdf

⁵⁷ Vela Correa, Gilberto. Flores Roman, David. (2006). *Composición mineralógica de la fracción arcillosa de los suelos de la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal*. Universidad Autónoma Metropolitana–Xochimilco. Obtenido el día 15 de diciembre de 2006 de, http://smm.iim.umich.mx/25_Vela_arcillas.pdf

Nota: cabe destacar que las especie propuestas son las que presentan mejor resistencia presentan, dado que ya han sido utilizados en reforestaciones anteriores de menor dimensión que la que se propone aquí. (Ver Anexo con información de Conabio)

3.4.2.2.5 Inversión estimada en reforestación

Se considera que esta inversión por sí misma es un proyecto que generará beneficios para la población y gobiernos locales y una de sus consecuencias es la colocación de bonos de carbono, que es la propuesta de este trabajo para dar soluciones locales a problemas globales, pueden aportar a resolver el grave problema del calentamiento global.

Cuadro 11: Datos generales de los árboles que se utilizaran para la reforestación

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ALTURA MÍNIMA	DIÁMETRO DEL TRONCO A 10 CM DEL CUELLO DE LA RAÍZ	DIMENSIONES MÍNIMAS DE LA CEPA	ESPACIAMIENTO DE PLANTACIÓN	CRECIMIENTO EN ALTURA ADICIONAL A LOS 365 DÍAS
		CENTÍMETROS	CENTÍMETROS	CENTÍMETROS	METROS	CENTÍMETROS
PINO PIÑONERO	PINUS CEMBROIDES	20	0.5 - 2.5	35 * 35 * 35	2 X 3	30
ENCINO	QUERCUS	20	0.5 - 2.5	35 * 35 * 35	2 X 3	30
PINO DE MONTERREY	PINUS RADIATA	45	0.5 - 2.5	35 * 35 * 35	2 X 3	30
ARBOL DEL ÁMBAR	LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA L.	20	0.5 - 2.5	35 * 35 * 35	2 X 3	60

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno del Estado de México. www.iadb.org/regions/re2/me/Tr-rr-edomex.doc

Con los datos anteriores que nos indican las dimensiones espaciales que requiere cada árbol en promedio para sobrevivir, calcularemos cuantos árboles se pueden plantar por hectárea para reforestar.

Cuadro 12: Estimado de árboles a reforestar por hectárea

Metros cuadrados por árbol	Metros cuadros por hectárea	Árboles por hectárea
6	10,000	1,667

Fuente: Elaboración propia

A continuación presentamos el estimado total de árboles requeridos para la reforestación, según la superficie estimada de ser susceptible de reforestación.

Cuadro 13: Estimado total de árboles requeridos para reforestar

Árboles por hectáreas	Superficie total en hectáreas	Árboles requeridos para reforestar
1,667	4,034	6,724,445

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la información en cuanto al número de árboles necesarios para la reforestación, calcularemos sus costos ya que estos representan una parte importante en la inversión.

Cuadro 14: Costos unitarios por especie

ESPECIE	PRECIO UNITARIO EN PESOS	TRAZO DE LA PLANTACIÓN
PINUS CEMBROIDES	10	MANUAL
ENCINO (QUERCUS SP.)	6	MANUAL
PNUS RADIATA	3	MANUAL
LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA L	6	MANUAL

Fuente: Elaboración propia con datos de La dirección General de bosques Urbanos de la página electrónica de Secretaría de Medio Ambiente, <http://www.sma.df.gob.mx>

A partir de estos datos calcularemos el costo total, es importante destacar que consideramos que del número total de árboles por hectárea a plantar, no distinguiremos entre las especies, por tanto, consideramos que ese número debiera ser dividido entre el número de especies que proponemos para que cada una tenga el mismo peso específico.

Cuadro 15: Costos totales por especie

Especie	Precio unitario en pesos	Arboles por hectarea ¹	Arboles totales	Precios total (\$)
PINUS CEMBROIDES	10	596	2,401,587	24,015,870.00
ENCINO (QUERCUS SP.)	6	596	2,401,587	14,409,522.00
PNUS RADIATA	3	596	2,401,587	7,204,761.00
LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA L	6	596	2,401,587	14,409,522.00
Total				60,039,675.00

1) El total de arboles es calculado tomando como base un 70% de supervivencia, el numero de arboles que sobrevive a este nivel corresponde al 100% requerido para la reforestación

Fuente: Elaboración propia con datos de La dirección General de bosques Urbanos de la página electrónica de Secretaría de Medio Ambiente, <http://www.sma.df.gob.mx>

A continuación describiremos el resto del presupuesto de inversión estimado para la reforestación de la Sierra de Guadalupe.

En primer lugar, luego de tener el dato del número de árboles y su valor requerimos saber cuántas personas necesitamos para poder realizar esta tarea, asumiremos que las personas empleadas en las tareas de limpieza preparación y plantación deben recibir un salario promedio de 2 salarios mínimos, lo cual equivale a 97.43 pesos diarios.

Cuadro 16: Personas requeridas para la reforestación

Número de personas a contratar ¹	Árboles a sembrar diario por persona ²	Promedio de árboles plantados por persona en 4 meses	Total de árboles sembrados
907	104	10,608	9,621,456

1 Este cálculo se realizo en base a los promedios diarios y el promedio anual para poder alcanzar la meta de 6,724,445 árboles en la sierra de Guadalupe, cabe destacar que esta cifra corresponde al 70% del total de arboles plantado con lo cual alcanzaríamos una eficiencia del 100%, si bien el dato no es exacto, el excedente no se ajusta a la unidad así que tuvimos que conservarnos y adoptar dicho excedente como una reserva ante contingencias.

2 Este número es un cálculo propio del tiempo que se requiere para sembrar un árbol con la organización adecuada según datos del (Instituto Nacional de Ecología)

Fuente: Elaboración propia con base a estimaciones de INE

Cuadro 17: Costos de personal operativo para reforestación

Número de empleados	Salario mensual (pesos)	Prestaciones mínimas de ley (\$)	Costo anual por salarios y prestaciones (\$)
907	2,920.20	365.03	32,114,534.48

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos

Adicionalmente a esto, existen costos que tomaremos de acuerdo a lo que dice el gobierno del Distrito Federal en su programa adopción de áreas verdes en el DF.⁵⁸

Cuadro 18: Estimado de costos asociados a la reforestación precios en pesos corrientes

Actividad	Costo Unitario Mensual por m ² (\$)	Subtotal Anual por m ² (\$)	Total Anual por 1000 m ² (\$)
Fumigación: detección y combate de plagas (2 por año)	0.04	0.08	80.00
Fertilización: agregado de componentes necesarios para enriquecimiento del sustrato (4 por año)	0.08	0.32	320.00
Riego: 4 riegos mensuales durante 7 meses	0.10	0.70	700.00
Depreciación de equipo	0.01	0.12	120.00
Total	0.23	1.22	1,220.00

Fuente: Elaboración propia con información del programa adopción de áreas verdes en el Distrito Federal, luego de descontar los costos de mano de obra ya descritos con anterioridad.

Con esta información estamos en posibilidades de plantear el costo de la reforestación en la Sierra de Guadalupe, cabe mencionar que estos solo

⁵⁸ Programa de Adopción de Áreas Verdes Públicas del Distrito Federal, Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, Dirección General de Servicios Urbanos, Delegaciones Políticas, consultado en <http://www.imjuventud.gob.mx>

plantea el costo inicial de la reforestación en los años siguientes las necesidades de fumigación, fertilización y riego se ven disminuidas sustancialmente así como los costos de mano de obra.

Cuadro 19: Estimado de costos asociados totales a la reforestación

Actividad	Total Anual por 1000 m ² (\$)	Total Anual considerando un total de 4,034 Ha (\$)
Fumigación	80.00	3,227,200.00
Fertilización	320.00	12,908,800.00
Riego	700.00	28,238,000.00
Depreciación de equipo	120.00	4,840,800.00
Total	1,220.00	49,214,800.00

Fuente: Elaboración propia.

Estos costos son los directamente involucrados en la reforestación, pero creemos importante resaltar que la coyuntura que provee el gobierno federal actual nos es favorable para situar a este proyecto dentro de los mecanismos del protocolo de Kyoto.⁵⁹

⁵⁹ El jefe del Ejecutivo Federal planteó en campaña dentro del foro Desarrollo Forestal, celebrado en Los Azufres, Michoacán, lo siguiente: Quiero apoyar a los dueños de bosques y selvas para que los proyectos de conservación forestal sean susceptibles de atraer los recursos derivados de los bonos de carbono a los que da lugar el protocolo de Kyoto que ha suscrito nuestro país. México tiene que ser uno de los principales beneficiarios del mercado verde, del mercado del oxígeno, del mercado de los bonos de carbón.

“Mi compromiso es conservar y restaurar el medio ambiente usando técnicas y especies apropiadas. La meta es reforestar **2 millones de hectáreas en los próximos seis años** de gobierno. Para ello hay que controlar las plagas y enfermedades que dañan nuestros bosques y selvas, aplicar la ley para combatir la tala ilegal, la corrupción y el abuso de autoridades y particulares”. <http://www.felipe-calderon.org>

3.4.2.2.6 Beneficios directos de la reforestación para gobiernos locales y particulares

Cuadro 20: Costo por inundaciones en la zona de la Sierra de Guadalupe 2006

Municipio	Habitantes	Costos Gubernamentales para mitigar el problema (\$)	Costo por pérdidas materiales por hogar (\$)
Coacalco	1,525	9,985,000.00	2,286,000.00
Ecatepec	3,530	6,128,100.00	5,298,000.00
Tlalnepantla	250	2,155,000.00	378,000.00
Tultitlan	4,280	7,950,000.00	6,420,000.00
Gustavo A. Madero	6,650	5,290,000.00	9,975,000.00
Total	16,235	31,508,100.00	24,357,000.00

Fuente: Elaboración propia con información presentada en cuadros anteriores

Los datos anteriores representan los gastos ejercidos en el año de 2006 a consecuencia de las inundaciones, sin embargo, carecemos de una serie histórica que nos permita identificar el comportamiento de estas variables, pero basados en la información actual que nos indica que no hay motivos para pensar que en los años venideros la situación mejore, pues la presión en la Sierra de Guadalupe amenaza con incrementar estos costos, al mismo tiempo tenemos que considerar que la opinión mundial respecto al calentamiento global anuncia que existirán reajustes climáticos con consecuencias desfavorables para una ciudad como la nuestra, dado que se pronostica mayor cantidad e intensidad en las lluvias.

Dada esta situación pensamos que sería conveniente manejar estos costos como un escenario base para la proyección de los costos futuros de no trabajar directamente en la reforestación de la Sierra de Guadalupe, con base en

información del grupo ambientalista Greenpeace⁶⁰ encontramos una relación directa entre la reforestación y la disminución de hasta un 80% de los costos generados por inundaciones así que tomaremos esa base para el cálculo de los costos futuros. Es importante resaltar que el 80% de la disminución en los costos por inundaciones se producirá a partir del año 10 para los años previos tomaremos como base una proporción tomada a partir de la siguiente tabla, de la cual tomaremos los datos del bosque de coníferas por ser el que más se adapta a nuestro proyecto.

Cuadro 21. Datos estimados de secuestro de carbono de diferentes especies. (Toneladas de carbono por hectárea)

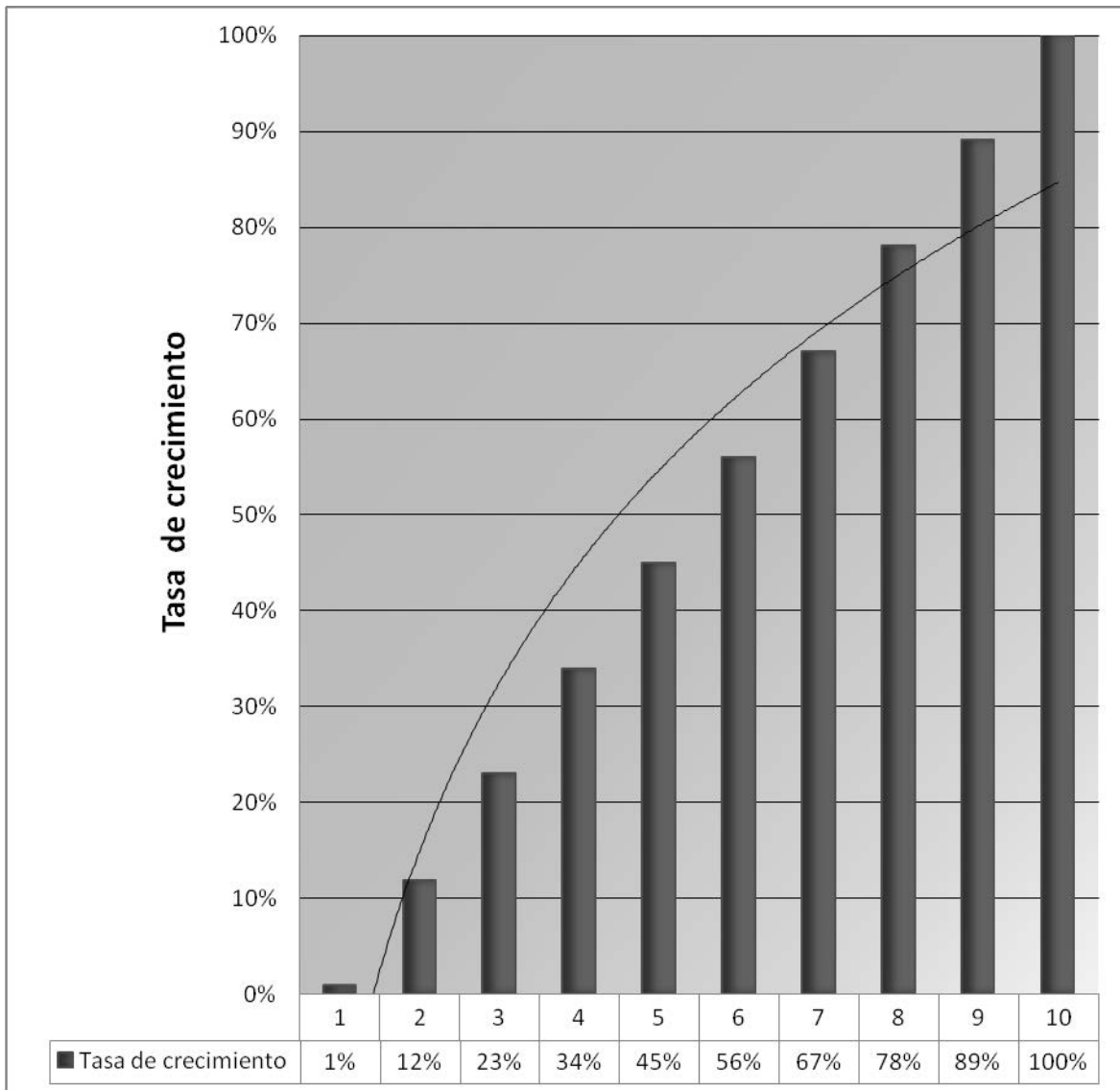
Año	Coníferas	Hojosas	Maderas preciosas tropicales	Maderas comunes tropicales
1	0.135440	0.135440	0.135440	0.677200
2	1.977424	0.270880	0.338600	0.853272
3	3.832952	0.406320	0.623024	1.110608
4	5.674936	0.555304	0.961624	1.422120
5	7.516920	0.717832	1.381488	1.814896
6	9.372448	0.893904	1.869072	2.275392
7	11.214432	1.083520	2.410832	2.803608
8	13.056416	1.286680	3.033856	3.413088
9	14.911944	1.489840	3.724600	4.076744
10	16.753928	1.720088	4.483064	4.821664
11	18.595912	1.950336	5.309248	5.634304
12	20.451440	2.221216	6.189608	6.528208
13	22.293424	2.546272	7.124144	7.503376
14	24.135408	2.911960	8.099312	8.559808
15	25.977392	3.318280	9.128656	9.697504
16	27.832920	3.778776	10.212176	10.916464
17	29.674904	4.279904	11.336328	12.216688
18	31.516888	4.821664	12.514656	13.598176
19	33.372416	5.404056	13.733616	15.060928
20	35.214400	6.027080	15.020296	16.604944
21	37.056384	6.704280	16.334064	18.230224
22	38.911912	7.435656	17.702008	19.855504
23	40.753896	8.221208	19.097040	21.480784
24	42.595880	9.060936	20.519160	23.106064
25	44.451408	9.954840	21.981912	24.731344
26	46.293392	10.902920	23.471752	26.356624
27	48.135376	11.905176	24.988680	27.981904
28	49.990904	12.975152	26.546240	29.607184
29	51.832888	14.085760	28.144432	31.232464
30	53.674872	15.264088	29.769712	32.857744

Fuente: SEMARNAT, Evaluación de impactos para el desarrollo forestal (PRODEFOR 2003)

⁶⁰ Consultado en su página electrónica <http://www.greenpeace.org/mexico>

A continuación presentamos una grafica que ilustra el crecimiento de la captura de carbono del bosque a reforestar, la cual servirá para calcular los datos de las proporciones de disminución de las inundaciones en el área de estudio.

Gráfica 7. Proporción anual de disminución a las inundaciones hasta el año 10



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22: Proyección de ahorros a 30 años producto de inundaciones en los alrededores de la Sierra de Guadalupe

Municipio	Costos Gubernamentales anuales para mitigar el problema (\$)	Costo anuales por pérdidas materiales por hogar (\$)	Ahorros Gubernamentales a 30 años por mitigar el problema (\$)	Ahorros a 30 años por pérdidas materiales en hogares (\$)
Coacalco	9,985,000.00	2,286,000.00	210,088,597.41	48,098,400.97
Ecatepec	6,128,100.00	5,298,000.00	128,937,800.08	111,472,147.13
Tlalnepantla	2,155,000.00	378,000.00	45,342,105.90	7,953,278.90
Tultitlan	7,950,000.00	6,420,000.00	167,271,341.96	135,079,498.79
Gustavo A. Madero	5,290,000.00	9,975,000.00	111,303,823.77	209,878,193.21
Total	31,508,100.00	24,357,000.00	662,943,669.12	512,481,519.00

Fuente: Elaboración propia calculando un ahorro de 80% de los costos de inundaciones producto de la reforestación.

3.4.2.2.6.1 Beneficios esperados por la colocación de bonos de Carbono

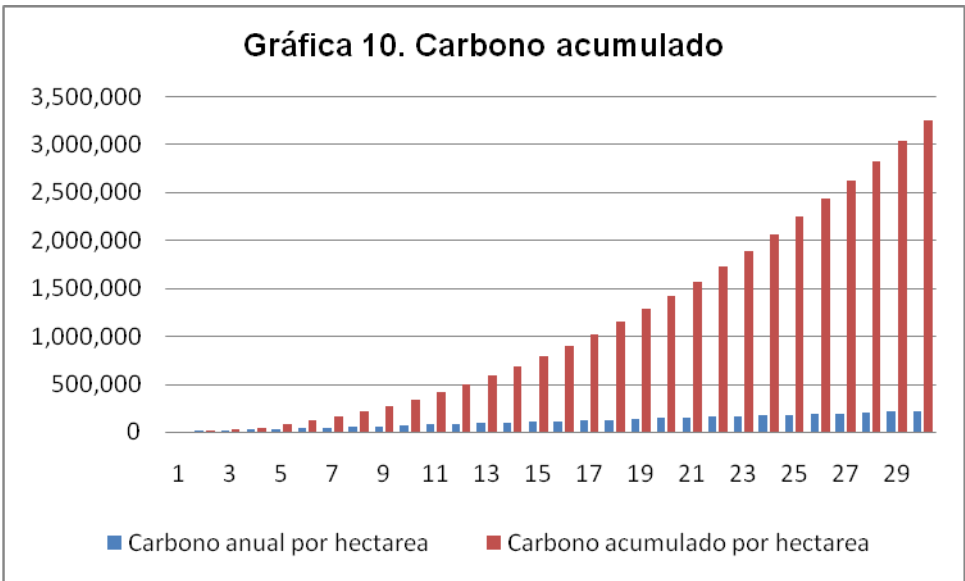
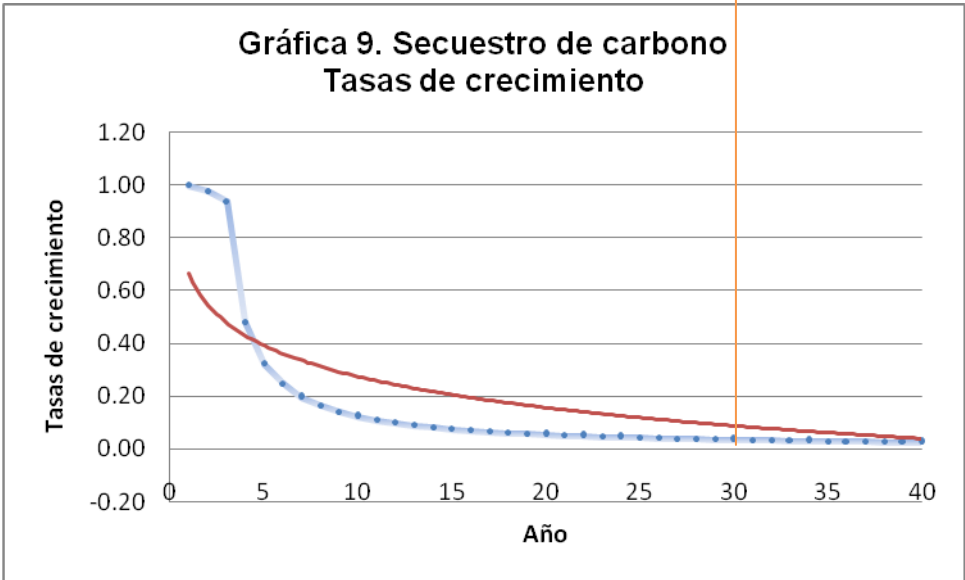
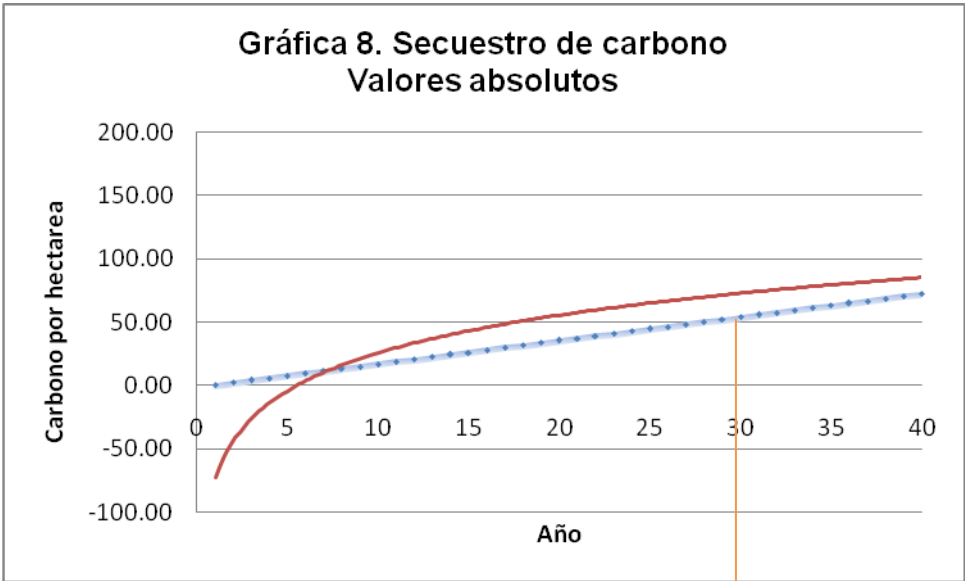
En primer lugar calcularemos la captura esperada de carbono en la superficie reforestada a partir de los datos aportados en el cuadro 21 para poder calcular los ingresos derivados de la colocación de bonos dentro de los mecanismos del protocolo de Kyoto descritos a detalle dentro del anexo.

Cuadro 23. Datos estimados de secuestro de carbono, para el proyecto de reforestación. (Toneladas de carbono por hectárea)

Año	Captura de carbono por hectárea	Hectáreas reforestadas	Total de carbono capturado por hectárea
1	0.1354	4,034	546.3650
2	1.9774	4,034	7,976.9284
3	3.8330	4,034	15,462.1284
4	5.6749	4,034	22,892.6918
5	7.5169	4,034	30,323.2553
6	9.3724	4,034	37,808.4552
7	11.2144	4,034	45,239.0187
8	13.0564	4,034	52,669.5821
9	14.9119	4,034	60,154.7821
10	16.7539	4,034	67,585.3456
11	18.5959	4,034	75,015.9090
12	20.4514	4,034	82,501.1090
13	22.2934	4,034	89,931.6724
14	24.1354	4,034	97,362.2359
15	25.9774	4,034	104,792.7993
16	27.8329	4,034	112,277.9993
17	29.6749	4,034	119,708.5627
18	31.5169	4,034	127,139.1262
19	33.3724	4,034	134,624.3261
20	35.2144	4,034	142,054.8896
21	37.0564	4,034	149,485.4531
22	38.9119	4,034	156,970.6530
23	40.7539	4,034	164,401.2165
24	42.5959	4,034	171,831.7799
25	44.4514	4,034	179,316.9799
26	46.2934	4,034	186,747.5433
27	48.1354	4,034	194,178.1068
28	49.9909	4,034	201,663.3067
29	51.8329	4,034	209,093.8702
30	53.6749	4,034	216,524.4336

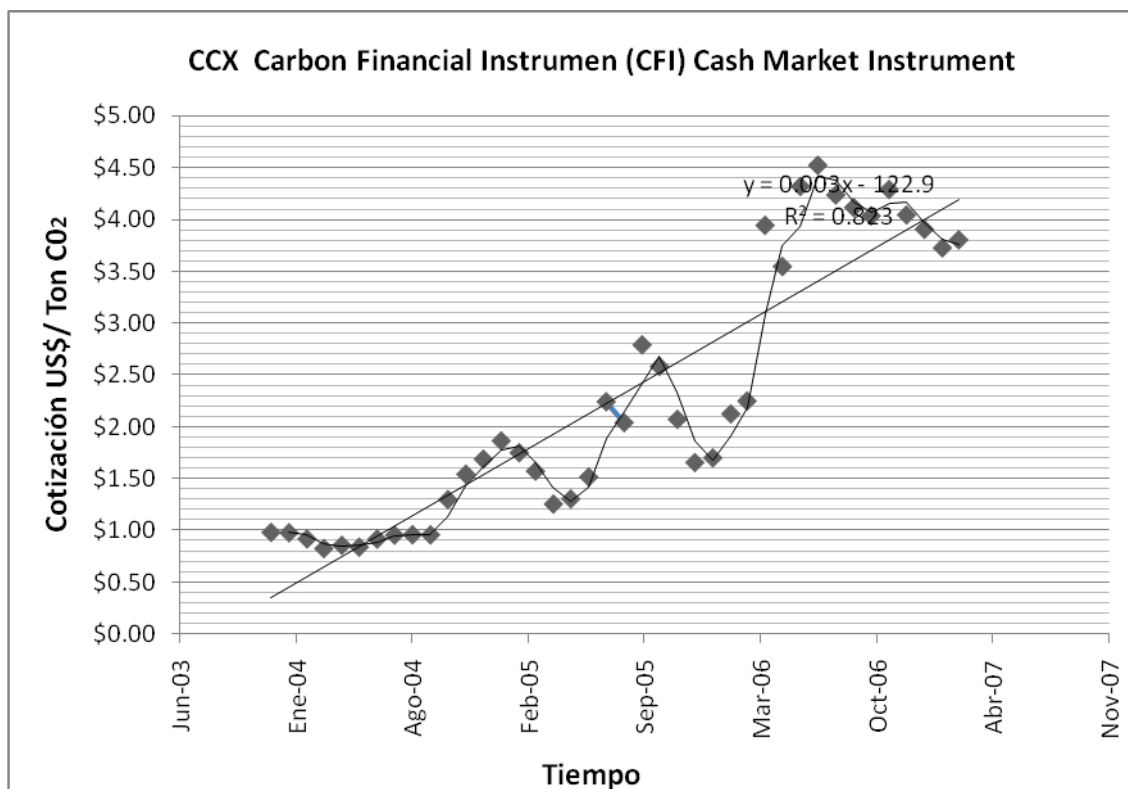
Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior, podemos observar la captura promedio anual de carbono, la cual a 30 años de manera acumulada se sitúa en **3, 256,280 toneladas**, El dato anterior será el que se coloque en los mercados internacionales de carbono. A continuación presentamos una serie de gráficas que muestra el por qué de la planeación del proyecto a 30 años tomando en cuenta valores absolutos y tasas de crecimiento, así como la evolución acumulada del secuestro de carbono resultado de este proyecto de reforestación.



Una vez obtenido este dato nos ocuparemos del precio de esta captura de carbono en los mercados internacionales. Con base a los datos obtenidos de los precios resumidos mensualmente de diciembre de 2003 al marzo de 2007 de Climate Chicago Exchange, se muestra una tendencia alcista de la cotización a partir del último trimestre de 2004 a la fecha.

Gráfica 11: Tendencia de los precios



Fuente: Elaboración propia con datos de CCX: Instrumento Financiero de Carbono. Contrato de Mercado Efectivo. Cotización US\$/ton del precio de CO₂.

Otros estudios señalan que los VERs, se han comercializado entre 3 y 5 U\$S por tonelada de CO₂ entre enero de 2004 y abril de 2005 con un promedio ponderado de 4,23 U\$S. Por su parte los CERs se sabe se han comercializado entre 4 y 7,5 U\$S/tCO₂ dentro del mismo periodo. Para este estudio se considera propicio un precio promedio de 5 dólares por tonelada de carbono capturada e indicamos que con esta medida adoptamos una posición bastante

conservadora pues el precio muestra una tendencia alcista pero será suficiente para demostrar la rentabilidad de este proyecto.

Cuadro 24: Estimación del valor del carbono capturado por la reforestación en la Sierra de Guadalupe

Total de toneladas capturadas de carbono	Precio estimado por tonelada de carbono en dólares	Tipo de cambio Fix del día 27 de julio de 2007	Precio estimado del carbono capturado en la Sierra de Guadalupe
3,256,280.53	5.00	10.9973	179,051,469.09

Fuente: Elaboración propia con datos de Banxico y promedios calculados de la tendencia de la cotización del CCX

3.4.2.3. Variables Financieras

Las variables financieras que se utilizaran en este estudio serán el TIR y VAN, las cuales se calcularan como si se tratara de una evaluación privada por no disponer de mayores datos para hacer las tasas de descuento y valores sociales. (Se puede observar el desglose de los presupuestos de costos y gastos, así como el estado de resultados en el anexo).

Cuadro 25: Resumen financiero del proyecto (pesos)

Año	Presupuesto de ingresos	Presupuesto de costos y gastos	Utilidad Neta
2007	481,660.32	8,295,592.12	- 7,813,931.80
2008	7,032,240.67	8,295,592.12	- 1,263,351.44
2009	13,630,987.06	8,461,503.96	5,169,483.10
2010	20,181,567.41	8,630,734.04	11,550,833.38
2011	26,732,147.77	8,803,348.72	17,928,799.05
2012	33,330,894.15	8,979,415.69	24,351,478.46
2013	39,881,474.51	9,159,004.01	30,722,470.50
2014	46,432,054.86	9,342,184.09	37,089,870.78
2015	53,030,801.25	9,529,027.77	43,501,773.48
2016	59,581,381.60	9,719,608.32	49,861,773.28
2017	61,107,264.28	9,914,000.49	51,193,263.79
2018	62,658,497.27	10,112,280.50	52,546,216.77

2019	64,229,518.95	10,314,526.11	53,914,992.83
2020	65,823,789.44	10,520,816.63	55,302,972.81
2021	67,441,773.74	10,731,232.97	56,710,540.77
2022	69,086,950.38	10,945,857.63	58,141,092.75
2023	70,753,794.58	11,164,774.78	59,589,019.80
2024	72,445,804.05	11,388,070.27	61,057,733.77
2025	74,166,486.36	11,615,831.68	62,550,654.69
2026	75,910,346.36	11,848,148.31	64,062,198.05
2027	77,680,911.94	12,085,111.28	65,595,800.66
2028	79,481,721.49	12,326,813.50	67,154,907.98
2029	81,307,311.26	12,573,349.77	68,733,961.49
2030	83,161,241.21	12,824,816.77	70,336,424.44
2031	85,047,082.42	13,081,313.11	71,965,769.32
2032	86,959,404.48	13,342,939.37	73,616,465.12
2033	88,901,801.38	13,609,798.15	75,292,003.22
2034	90,877,878.86	13,881,994.12	76,995,884.74
2035	92,882,241.93	14,159,634.00	78,722,607.93
2036	94,918,520.64	14,442,826.68	80,475,693.96

Fuente: Elaboración propia con información de cálculo de costos y gastos de la inversión y del estado de resultados referenciado en el anexo.

Con estos datos procedemos al cálculo del **TIR y VAN** de este proyecto, los datos para el cálculo de estas razones financieras se pueden encontrar en el Anexo.

Valor Presente Neto:

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1 + 8)^i} = 233,947,795.79$$

Tasa Interna de Retorno, (recordar que esta es la tasa que hace que el VAN sea igual a 0):

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1 + 16.1851)^i} = 0$$

Razón Costo Beneficio:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{1,515,057,403.68}{141,369,009.48} = 10.7170$$

Una vez obtenida esta información, podemos corroborar que la inversión es rentable ya que cuenta con una TIR de 16.1851% y un Valor Presente Neto \$233, 947,795.79 pesos de 2007, lo cual representa aproximadamente 10.7170 veces el valor original de la inversión.

Como consideraciones complementarias debemos tomar en cuenta los criterios de elegibilidad de PROARBOL 2007 dados a conocer por CONAFOR⁶¹:

Criterios de ejecución en las reglas de operación Pro-Árbol

- a) Para el pago por servicios ambientales por captura de carbono, en los proyectos de ejecución se destinarán a los interesados que cumplan con los criterios del Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto que la CONAFOR dio a conocer en los términos de referencia. El apoyo se otorgará para la ejecución de actividades previstas en el proyecto, para la forestación y reforestación en terrenos elegibles, con el propósito de impulsar el establecimiento inicial de las actividades del proyecto.
- b) Los proyectos deberán cumplir con los lineamientos metodológicos aprobados por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto, que se publicarán en el sitio de Internet de la CONAFOR. Los beneficiarios recibirán 5 pagos anuales por

⁶¹ Una versión más amplia puede ser consultada en el Anexo.

superficie establecida con forestación y reforestación a razón de 80 smvdf/ha. que incluye planta, obra, asistencia técnica y verificación de actividades. Los pagos anuales no se aplican a la misma superficie. Cada hectárea recibirá un pago único de 80 smvdf/ha en el periodo de 5 años. El beneficiario deberá usar planta que no provenga de una producción apoyada con subsidios.

- c) Serán elegibles los proyectos que planteen una captura adicional mínima promedio de 4,000 ton CO₂e/año durante el periodo de acreditación propuesto en el proyecto, en una superficie no menor a 500 ha destinadas a actividades de forestación y reforestación para alcanzar dicho límite, a menos que se demuestre que la captura neta adicional señalada puede lograrse en una superficie menor a las 500 ha. Para alcanzar esta captura de 4,000 ton, la CONAFOR otorgará apoyos para proyectos que involucren el establecimiento de forestación y reforestación en una superficie máxima de 3,000 ha, aún cuando se proponga una superficie mayor a la señalada.
- d) A partir del segundo año, los apoyos se otorgarán únicamente previa validación por parte de la CONAFOR de las actividades programadas en el proyecto.
- e) La CONAFOR podrá comprar al beneficiario la captura adicional neta expresada en toneladas de CO₂e conforme a las metodologías aprobadas por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

Como puede observarse, este proyecto cumple con los requisitos marcados por el programa PROÁRBOL, sin embargo recordemos que el principal ejecutor de este proyecto deberían ser los gobiernos municipales y delegacionales circundantes a la Sierra de Guadalupe, así como el Gobierno del Distrito Federal y el del Estado de México.

- CONCLUSIONES -

- El presente análisis nos arrojó una TIR de 16.1851%, lo cual nos indica que anualmente se reciben como beneficios directos de esta inversión cerca del 16.2% del monto de la inversión, lo cual lo hace muy rentable.
- El Valor Presente Neto \$233, 947,795.79 pesos de 2007, representa aproximadamente 10.71 veces el valor original de la inversión, lo cual da muestras de sus bondades.
- Este proyecto cumple con los requisitos del programa Pro-Árbol de CONAFORT, sin embargo como ya se menciona, los principales interesados en adoptar un proyecto como este son directamente los Gobiernos Locales, así que como se demuestra en el análisis financiero su rentabilidad es capaz de superar sus costos.
- Aunque en una primera instancia el reforestar parece costoso, si se analizan y evalúan los beneficios adicionales que genera esta iniciativa, entonces se demuestra que es viable este tipo de proyectos, dado que existen grandes beneficios, tanto sociales como económicos y ambientales, que de no llevarse a cabo el proyecto no existirían.
- Mediante esta revisión y evaluación, se determina que los proyectos de reforestación para el Parque Estatal Sierra de Guadalupe son rentables, tan solo por los ahorros directos que genera a gobiernos y hogares que sufren las consecuencias de escurrimientos de la Sierra de Guadalupe que se terminan convirtiendo en inundaciones, aunado a esto cabe mencionar que los beneficios de largo plazo por la colocación de bonos de carbono hacen a aproximadamente **\$179,051,469.09** referenciados como beneficios adicionales.
- Este proyecto tiene que estar altamente relacionado por los gobiernos locales ya que se cuenta con cuatro municipios y una delegación del DF,

lo cual implica que la cooperación para llevar a buen término este proyecto es desde el nivel intermunicipal, hasta el interestatal dadas las condiciones geográficas que guarda la Sierra de Guadalupe.

- Los anteriores datos, son fundamentales para comprobar las hipótesis de esta tesis, es claro que el desarrollo económico no puede sobrepasar los límites ambientales, ya que cuando ello ocurre, estamos en presencia de externalidades que pueden anular el crecimiento económico, también encontramos que la coyuntura actual de la colocación de Bonos de Carbono enmarcados dentro del Protocolo de Kyoto es favorable para nuestro país, y finalmente se acepta que el proyecto de reforestación de la Sierra de Guadalupe al colocar bonos por la captura de bióxido de carbono, se generarían ingresos aproximados de \$179,051,469.09 los cuáles podrían servir para sufragar el costo estimado de la reforestación el cuál asciende a \$141,369,009.48 es decir, se establece que la reforestación podría ser financiada por los bonos de carbono en aproximadamente un 100%, una vez contemplado el análisis de rentabilidad de manera integral podremos observar lo importante que resultan este tipo de proyectos en los que el cuidado al medio ambiente sea rentable y genere beneficios a la sociedad.

- CONCLUSIONES -

- Dentro del presente estudio se analizó la compatibilidad entre el crecimiento económico y el desarrollo sustentable, llegando a la conclusión de que el desarrollo económico no debe exceder los límites ambientales.
- Conforme incrementa el deterioro ambiental, se hace necesario encontrar herramientas tendientes a revertir tal problema, como es el caso del cambio climático. Las propuestas para contrarrestar el efecto de los gases contaminantes hacia la atmosfera sean reflejado en el Protocolo de Kyoto que si bien, aun falta mucho por hacer, actualmente se manifiesta como un primer paso para disminuir el impacto ambiental de los gases contaminantes.
- En cuanto a nuestro país, la posición oficial de México y las acciones propuestas en relación con el cambio climático, están contenidas en la Primera y Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. En la Segunda Comunicación hay una extensa descripción de los esfuerzos que el sector requiere para prevenir o mitigar el cambio climático en el país.
- En el marco del Protocolo de Kyoto, México tendría buenas expectativas para aprovechar proyectos forestales en el MDL y dichos proyectos podrían contribuir al desarrollo sustentable de la región. No obstante, aunque actualmente los proyectos de conservación de ecosistemas naturales no son considerados para participar en el mercado de emisiones bajo el Protocolo de Kyoto, una tarea pendiente será impulsar su inclusión y desarrollar las capacidades nacionales requeridas para ser competitivas en el mercado internacional de carbono.

-
- Un proyecto de reforestación como el que hemos planteado a través del presente estudio dentro del marco del protocolo de Kyoto específicamente dentro del MDL puede, por ejemplo, ayudar a elevar la rentabilidad de proyectos forestales, que plantean beneficios en términos de reducción de la erosión, protección de cuencas, creación de empleo y disminución de riesgos por efecto de deslizamientos por tierras erosionadas que ya muestran un grado incipiente de desarrollo y que necesitan mayor impulso.
 - Desde nuestro punto de vista, los resultados del estudio de caso sugieren que un proyecto de reforestación en la Sierra de Guadalupe resultaría rentable. Sin embargo, debe tenerse presente que nuestros resultados dependen de factores políticos no analizados en este estudio y de los cuales puede tenerse como resultado la realización o no de este proyecto.
 - Para fortalecer la generación de proyectos de captura de carbono en México, será necesario mejorar los mecanismos de coordinación entre diferentes instituciones gubernamentales, así como también contar con inventarios forestales confiables en conjunción con un marco institucional transparente y políticas adecuadas, lo cual alentará a los inversionistas extranjeros para la compra de créditos de carbono en nuestro país.
 - Dada las condiciones que pueden ser objeto de selección bajo el MDL el sector forestal de nuestro país jugará un importante papel en el impulso de los proyectos de MDL forestal, a través de las políticas relacionadas con el manejo de los bosques, la reforestación y la operación de plantaciones forestales comerciales.
 - Nuestro país cuenta con un notable potencial para el desarrollo de proyectos de captura de carbono a través del cuidado de bosque, actualmente este potencial está aprovechado sólo en forma mínima, y

puede con adecuadas medidas de apoyo y promoción conducir a niveles de captura de carbono sustancialmente mayores. Al mismo tiempo debemos decir que, dentro de estas acciones deberá analizarse especialmente los programas dirigidos al cuidado y manejo sustentable del bosque ya sea mediante la restauración del mismo, como del control de la deforestación.

- México tiene todavía mucho por hacer y por tanto grandes obstáculos a vencer para lograr un desarrollo sustentable, como muestra de ello tenemos los retos que se enfrentan y los esfuerzos necesarios para encontrar soluciones en el tema de la captura de carbono en bosques.

- RECOMENDACIONES -

- Se recomienda la reforestación de la Sierra de Guadalupe, por los beneficios que otorga, tanto en servicios ambientales directos, como por ahorros en gasto producto de inundaciones a los gobiernos y hogares de las zonas aledañas a la Sierra de Guadalupe.
- Adicionalmente, sabemos que la tendencia de los precios del carbono a nivel internacional es creciente, lo cual representa una oportunidad para el desarrollo de proyectos de reforestación enfocados a la captura de carbono, con lo que podría diversificarse el costo de estos proyectos ya que la colocación de estos bonos ayuda a pagar los costos de la reforestación, por lo que serán aún más rentable los proyectos de captura de carbono por los beneficios adicionales que genera, entre los también se recomendaría un uso sustentable de los bosques a través de la obtención de madera, pero esto queda a discusión de otro análisis el cuál aquí no se pretende debatir.

- ANEXO 1 -

Ficha Técnica del Parque Estatal Sierra de Guadalupe

Decretos	Decretado como Zona de Protección Forestal con fecha de 31 de mayo de 1923. Decreto como Parque Estatal con fecha de 19 de agosto de 1976.													
Superficie	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Original: 6322.50ha. en decreto de 1976</td> </tr> <tr> <td>Ampliación: 7326.36ha. en decreto de 1978</td> </tr> <tr> <td>Resultante: 5306.75ha. en programa de manejo</td> </tr> <tr> <td>Estudiada: 1251.60ha. de las cuales 220ha corresponde al Parque Nacional El Tepeyac y 103160ha están consideradas como Suelo de Conservación (SC).</td> </tr> </table>		Original: 6322.50ha. en decreto de 1976	Ampliación: 7326.36ha. en decreto de 1978	Resultante: 5306.75ha. en programa de manejo	Estudiada: 1251.60ha. de las cuales 220ha corresponde al Parque Nacional El Tepeyac y 103160ha están consideradas como Suelo de Conservación (SC).								
Original: 6322.50ha. en decreto de 1976														
Ampliación: 7326.36ha. en decreto de 1978														
Resultante: 5306.75ha. en programa de manejo														
Estudiada: 1251.60ha. de las cuales 220ha corresponde al Parque Nacional El Tepeyac y 103160ha están consideradas como Suelo de Conservación (SC).														
Coordenadas	Geográficas extremas: <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center;">19°37'00" NT.</td> <td style="text-align: center;">99°11'20" Ost.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19°37'20" NT.</td> <td style="text-align: center;">99°03'00" Ost.</td> </tr> </table>		19°37'00" NT.	99°11'20" Ost.	19°37'20" NT.	99°03'00" Ost.								
19°37'00" NT.	99°11'20" Ost.													
19°37'20" NT.	99°03'00" Ost.													
Municipios y superficie	<table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Coacalco</td> <td style="text-align: center;">1281.57ha.</td> <td style="text-align: center;">24.15%</td> </tr> <tr> <td>Ecatepec</td> <td style="text-align: center;">1812.76ha.</td> <td style="text-align: center;">34.16%</td> </tr> <tr> <td>Tlalnepantla</td> <td style="text-align: center;">1135.64ha.</td> <td style="text-align: center;">21.40%</td> </tr> <tr> <td>Tultitlan</td> <td style="text-align: center;">1076.78ha.</td> <td style="text-align: center;">20.29%</td> </tr> </table>		Coacalco	1281.57ha.	24.15%	Ecatepec	1812.76ha.	34.16%	Tlalnepantla	1135.64ha.	21.40%	Tultitlan	1076.78ha.	20.29%
Coacalco	1281.57ha.	24.15%												
Ecatepec	1812.76ha.	34.16%												
Tlalnepantla	1135.64ha.	21.40%												
Tultitlan	1076.78ha.	20.29%												
Tenencia de la tierra	Los tipos de tenencia de la tierra del parque son: Ejidal, Comunal, y Propiedad privada. Existen 14 ejidos y un bien comunal, así como 27 propiedades privadas.													
Clima	El clima con base en la clasificación de Köppen corresponde a un C(w ₀) (w) que significa "Templado subhúmedo con lluvias escasas en verano, con un porcentaje de precipitación menor al 5%". Es importante mencionar que la cercanía a la Ciudad de México, ésta provocando algunas alteraciones como son: la elevación de las temperaturas medias, por los altos niveles de contaminación. La temperatura media anual es de 15°C y la precipitación promedio anual es de 584 mm. Los datos de las condiciones climáticas del lugar, fueron obtenidos de la estación meteorológica Cuauhtepic, Barrio Bajo													
Geología	El complejo principal se caracteriza por lavas intermedias y ácidos y la formación de domo dacíticos. Rocas predominantes: Rocas ígneas, El origen de la Sierra es volcánico.													
Hidrología y Edafología	Suelos: Litoso: .20%, Regosol eutrítico: 11.94%, y feozem háplico 86.63%. Suelos poco profundos con restos de origen volcánico, con ph relativamente alto. Hidrológicamente se encuentra dentro de la región 26 del Río Pánuco y la cuenca del Río Moctezuma, dentro de la Supcuenca del Lago de Texcoco. Arroyos solo en temporada de lluvias.													
Orografía	La Sierra de Guadalupe, presenta un desnivel general de 300 a 400 metros sobre el nivel de la planicie de la Cuenca. La elevación más alta corresponde al Picacho Moctezuma con una altura de 2,900 msnm y el Chiquihuite con 2,740 msnm. A partir del cerro Picacho con un rumbo general norte-sur y que continúa por numerosos picos y cerros como El Jaral, Tlacomulco, El Fraile, etc., hasta llegar al cerro Chiquihuite. Al sureste del Chiquihuite, separada por un valle de la sierra general, se encuentra la pequeña cordillera llamada del "Tepeyac",													

	<p>formada por cuatro cerros que son: Santa Isabel o Zacatenco, Gachupines, Vicente Guerrero y el Tepeyac.</p>
<p>Vegetación y Fauna</p>	<p>El crecimiento urbano ha generado un grave deterioro sobre tres de los componentes principales del equilibrio ambiental del área: el suelo, la vegetación y el agua. A lo anterior se suma particularmente la carencia de recarga de los mantos acuíferos. Específicamente en las porciones altas de los piedemontes, la carencia de vegetación natural en las áreas cuyos suelos son vulnerables a los procesos de escurrimiento laminar y concentrado ha generado erosión hídrica que se ha manifestado por la presencia de erosión acelerada de suelos agrícolas y formación de cárcavas.</p> <p>Actualmente, la vegetación de la Sierra de Guadalupe está caracterizada principalmente por una comunidad arbórea basada en plantaciones, con eucalipto <i>Eucalyptus</i> sp; casuarina <i>Casuarina equisetifolia</i>; cedro blanco <i>Cupressus lindleyi</i>; ciprés panteonero <i>Cupressus sempervirens</i> y diversas especies de pinos, entre las que se encuentran el <i>Pinus cembroides</i>, <i>P. montezumae</i>, <i>P. patula</i> y <i>P. radiata</i>.</p> <p>En la Sierra el <i>Schinus molle</i> o pirul es muy frecuente, tanto así que se le puede considerar como una especie subdominante en algunas zonas, particularmente se encuentra formando parte de algunas cercas de piedra y/o linderos de parcelas agrícolas, al igual que diversas especies de <i>Agaves</i> sp.</p> <p>La vegetación nativa del parque ha desaparecido casi en su totalidad pero aún existen algunos ejemplares de encinos como <i>Quercus rugosa</i>, <i>Q. deserticola</i>; palo dulce o palo cuate <i>Eysenhardtia polystachya</i>; cuajilote amarillo <i>Bursera</i> sp; casahuate <i>Ipomea</i> sp; mezquite <i>Prosopis juliflora</i>; huizache <i>Acacia farnesiana</i>; sangregado o torote <i>Jatropha spathulata</i>; tepozán <i>Buddleia americana</i>; palo de muerto <i>Ipomea murucoides</i>, yerba del negro <i>Gaudichaudia cynanchoides</i>, chillillo <i>Polygonum glabrum</i>, cholla <i>Puntia cholla</i>; biznaga <i>Mammillaria</i> sp; nopales como <i>Opuntia streptacantha</i>, <i>O. lasiacantha</i> y <i>O. imbricata</i>; yuca <i>Yucca filifera</i>; y membrillo cimarrón <i>Cotoneaster</i> sp.</p> <p>En la Sierra de Guadalupe, las mayores superficies están ocupadas por pastizales inducidos, matorrales y áreas con bosquetes plantados, teniendo menos cobertura los bosques naturales de encino y las nopaleras, fenómeno indicador de que las formaciones de vegetación primaria se han reducido sensiblemente dando lugar a asociaciones vegetales derivadas de las perturbaciones y la introducción de especies exóticas, mediante plantaciones forestales con fines de restauración y conservación.</p> <p>Los sembradíos de maíz han influido mucho en el cambio fisonómico de la Sierra, al igual que el pastoreo excesivo, ya que ha exterminado plantas o facilitado el crecimiento de otras, particularmente de las gramíneas, mismas que se han establecido en pequeñas planicies o pendientes poco pronunciadas, donde cubren el suelo totalmente.</p> <p>La fauna de la Sierra de Guadalupe, es reducida, debido a la transformación y pérdida de sus hábitat por la afectación que ha sufrido la cubierta vegetal y al cambio de uso de suelo forestal por agrícola primero y urbano posteriormente, así como a la frecuencia de incendios, sobrepastoreo y cacería furtiva.</p> <p>Es importante hacer notar que los hábitats de algunas especies han sido más afectados que de otras, tal es el caso de los anfibios que debido a la falta de vegetación arbórea, se ha reducido la capacidad de retención de humedad en algunas áreas, afectando el volumen y periodicidad de los arroyos existentes en la sierra. Algunas de las especies de anfibios en la zona son: <i>Hyla eximia</i> "rana verde", <i>Hyla arenicolor</i> "rana gris", <i>Tomodactylus grandis</i> "rana silvadora", <i>Spea hammondi</i> "sapo excavador" y la <i>Rana tlaloci</i> "rana". Esta última en peligro de extinción.</p> <p>En las zonas pedregosas, con pastizales o de matorrales se encuentran las</p>

	<p>siguientes especies de reptiles: <i>Barisia imbricata imbricata</i> "escorpión", <i>Phrynosoma orbiculare</i> "camaleón", <i>Scelopuros torquatus</i> y <i>S. grammicus</i> "lagartija de collar y de barda" respectivamente, <i>Thamnophis scalaris</i> "culebra", <i>Salvadora bairdi</i> "culebra rayada", <i>Pithuophis deppei deppei</i> "cincuate", <i>Crotalus triseriatus aquilus</i> "vibora fina" <i>Crotalus molossus nigrescens</i>, "cascabel de cola negra" y <i>Sistrurus ravus</i> "hocico de puerco". Estas dos últimas bajo el estatus de protección especial.</p> <p>Los mamíferos, se restringen a miembros chicos (los grandes ya desaparecieron de la zona) que se refugian en las zonas de matorral y pequeños bosquetes, encontrándose las siguientes especies: <i>Didelphis virginiana</i> "tlacoache", <i>Sylvilagus floridanus</i> "conejo castellano", <i>Scirurus aureogaster</i> "ardilla", <i>Pappogeoinys tylorhiinus</i> "tuza", <i>Liomys irratus alleni</i> "ratón", <i>Mephitis macroura</i> "zorrillo" y <i>Linx rufus</i> "gato montés".</p> <p>El grupo de las aves es el de mayor presencia en la zona, probablemente por su movilidad es el mejor adaptado a las condiciones de la Sierra. Además muchas de estas son migratorias, que han encontrado en las especies vegetales introducidas nuevos hábitats que les ha permitido subsistir.</p> <p>Algunos ejemplos de aves son: <i>Cyrtonyx montezumae</i> "codorniz", <i>Buteo jamaicensis</i> "aguililla colirrufa", <i>Parabuteo uncinctus</i> "aguililla rojinegra", <i>Geococcyx californianus</i> "correcaminos", <i>Falco sparverius</i> "halcón cernícalo", <i>Zenaidura macroura</i> "paloma huilota", <i>Otus asio</i> "tecolotito", <i>Tyto alba</i> "lechuza", <i>Cyananthus latirostris</i> "colibrí", <i>Thyromanes bewickii</i> "satapared" y <i>Spizella atrogularia</i> "gorrión", entre otras.</p>
--	--

Fuente: Elaboración Propia con información del Gobierno del Estado de México, Secretaria de Ecología, www.edomex.gob.mx. y de Gilberto Vela Correa, David Flores Roman, Ma. de Lourdes Rodríguez Gamiño. Informe final del Proyecto Núm. 06. "*Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la sierra de Guadalupe, Distrito Federal*". Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento el hombre y su ambiente. Laboratorio de edafología". Gobierno de la Ciudad de México. Secretaria del Medio Ambiente. Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental. México, 2004

Descripción del Bosque de Encino-Pino.

Con base a la información obtenida de la Comisión Nacional Forestal se establece que un bosque de *encino-pino* tiene las características siguientes:

- Vegetación arbórea formada por la dominancia de encinos (*Quercus* sp), y pinos. Se desarrolla principalmente en áreas de mayor importancia forestal, en los límites altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino. Estas comunidades muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino.
- Las especies más representativas son encino laurelillo (*Quercus laurina*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino tesmilillo (*Q. crassipes*), encino cucharo (*Q. urbanii*), pino lacio (*P. pseudostrobus*), pino (*P. rudis*), pino

escobetón (*P. michoacana*), pino chino (*P. teocote*), ocote trompillo (*P. oocarpa*), pino ayacahuite (*P. ayacahuite*), pino (*P. pringlei*), *P. duranguensis*, *P. chihuahuana*, *P. engelmani*, *P. lawsoni*, y *P. oaxacana*.

- En cuanto a su uso es similar al de bosque de pino-encino pero con menor intensidad y además la actividad agrícola. Por las características de los encinos, estos bosques han sido muy explotados con fines forestales para la extracción de madera para la elaboración de carbón y tablas para el uso doméstico, lo cual provoca que este tipo de vegetación tienda a fases secundarias las que a su vez sean incorporadas a la actividad agrícola y pecuaria.

- ANEXO 2 -

Características específicas de las especies seleccionadas con información de CONABIO

ENCINO (QUERCUS SP.)

Con base en la información de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad se obtuvo la siguiente información de la especie de encino:

DESCRIPCION	CARACTERÍSTICAS
Forma.	Árbol perennifolio o caducifolio, de 3 a 8 m; 10 a 20 m (hasta 30 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 50 cm (hasta 1.2 m). Perteneció al subgénero <i>Leucobalanus</i> (encino blanco).
Copa / Hojas.	Copa amplia y redondeada que proporciona una sombra densa. Hoja ovada a elípticoobovada o casi suborbicular, de (4) 8 a 15 (20) cm de largo, por (2) 3 a 8 (13) cm de ancho, al madurar suavemente engrosadas y rígidas, notablemente cóncavas por el envés, muy rugosas; haz lustroso y glabro, envés de color ámbar o rojizo.
Tronco / Ramas.	El tronco tiene un diámetro de 10 a 80 cm o más; ramillas de 3 a 6 mm de grueso, tomentulosas al principio, después casi glabras color café grisáceo.
Corteza.	Con fisuras profundas color café oscuro.
Flor(es).	Amentos masculinos de 3 a 7 cm de largo con muchas flores, tomentosos, periantosésiles; flores femeninas de 5 a 30, distribuidas a lo largo de un pedúnculo largo, delgado y pubescente.
Fruto(s).	Fruto anual solitario o en grupos de 2 a 3 (5) largo-ovoides, miden de (8) 15 a 25 (30) mm de largo y (5) 8 a 12 (15) mm de diámetro, una tercera parte o la mitad de su largo incluida en la cúpula hemisférica y con escamas café-pubescentes.
Semilla(s).	Bellota ovoide, con frecuencia angosta y puntiaguda, se encuentra envuelta por una cubierta rígida. El embrión está formado en su mayor parte por los cotiledones que se mantienen turgentes dentro del pericarpio y constituye una alta proporción del total del peso seco de la semilla (53 a 75 %).
Raíz.	Sistema radical profundo.
DISTRIBUCIÓN	Está ampliamente distribuido en las regiones montañosas de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Veracruz a Chiapas, pero es particularmente abundante en el centro del país, donde forma extensos bosques. Altitud: (1,100) 1,800 a 2,800 (3,050) m.
Estados.	AGS. B.C. CHIS. CHIH. COAH. COL. D.F. DGO. GTO. GRO. HGO. JAL. MEX. MICH. MOR. OAX. PUE.QRO. S.L.P. VER. ZAC.
Origen / Extensión	Se extiende desde el oeste de Texas y sur de Arizona, Estados Unidos, hasta Chiapas, México.
Estatus	<i>Nativa. Silvestre</i>
HABITAT	Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. En el pedregal ocupa áreas que forman ligeras depresiones o porciones más o menos horizontales. Se

	desarrolla en climas templados fríos y semifríos. Temperatura media anual de 12 a 13 °C y una precipitación de 1,540 a 1,619 mm anuales, en el Pedregal. Se le encuentra en suelos someros o profundos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos. Suelos: rojizo-arenoso, blanco calizo, somero pardo y profundo, roca basáltica, migajón arenoso, rocas volcánicas, delgados, ácidos, secos o húmedos.
IMPORTANCIA ECOLÓGICA	Especie Primaria. Los encinos se han sugerido como especies clave en la rehabilitación y restauración de bosques, pues aunque no se consideran especies pioneras, pueden reclutarse en etapas tempranas de la sucesión secundaria.
Vegetación / Zona ecológica	Tipos de Vegetación. <ul style="list-style-type: none"> · Bosque de encino. · Bosque de pino-encino. · Bosque de pino. · <i>Bosque mesófilo de montaña.</i> · Matorral matorral subtropical, malpaís: -Sierra del Chichinautzin-Pedregal, extremo norte.
Vegetación asociada.	<i>Pinus pseudostrobus, pinus montezumae, Pinis oocarpa, Pinus oaxacana, Agave horrida, Arctostaphylos polifolia, Garrya longifolia, Quercus crassipes, Q. laurina, Q. obtusata, Q. castanea, Q. candicans, Q. martinezii, Q. Sideroxylla, Tilia mexicana, Alnus jorullensis, Alnus acuminata, Acacia pennatula, Eysenhardtia polystachya, Arbutus xalapensis, Prunus serotina, Buddleia cordata, Cornus disciflora</i>
Zona(s) ecológica(s).	Templada subhúmeda.
FENOLOGÍA	
Follaje.	Perennifolio / Caducidolio. Hojas decíduas muy tardíamente.
Floración.	Florece de marzo a junio.
Fructificación.	Fructifica de octubre a febrero.
Polinización.	Anemócora (viento).
ASPECTOS FISIOLÓGICOS	
Adaptación.	Especie de fácil adaptación una vez establecida.
Competencia.	<i>No disponible.</i>
Crecimiento.	Especie de lento crecimiento, vive de 100 a 150 años. La tasa de crecimiento inicial (primeras 6 semanas) es de 0.0034 cm/día. Los encinos presentan una forma de crecimiento en "pulsos". Presentan tasas bajas de crecimiento y éste se encuentra concentrado en unos cuantos eventos o pulsos de crecimiento rápido que tienen una marcada estacionalidad.
Descomposición.	Descomposición foiliar lenta.
Establecimiento.	Las semillas presentan gran variación en tamaño y peso fresco y se ha visto que esto tiene un claro efecto sobre la supervivencia y establecimiento de las plántulas (en la zona del Ajusco, las semillas pesan de 0.75 a 5.23 g, con un promedio de 1.99 g y en los Altos de Chiapas de 0.9 a 3.5 g). El peso fresco de las semillas es un buen indicador de la cantidad de reservas disponibles para las plántulas. La variación en el tamaño de las semillas le confiere a <i>Q. rugosa</i> la habilidad para establecerse en un mosaico de micrositos con diferentes condiciones físicas y bióticas, ampliándose su nicho de regeneración. El establecimiento se facilita bajo "nodrizas". La supervivencia y el crecimiento aumentan cuando las plántulas se encuentran bajo la copa de un árbol o arbusto ya establecido actuando como nodriza, mitigándose las difíciles condiciones ambientales que enfrentan las plántulas de encino.
Interferencia.	<i>No disponible.</i>
Producción de hojas, frutos,	La producción anual de semillas es generalmente abundante. Produce 6.9 kg de materia seca (follaje) por planta.

madera y/o semillas.	
Regeneración.	La regeneración natural de esta especie es buena en los sitios que presentan condiciones adecuadas de suelo y luminosidad. Son pocas las semillas que logran escapar de la depredación por roedores. La falta de sitios sombreados y húmedos impide la germinación de una alta proporción de bellotas. El reclutamiento se favorece en lugares mésicos, no totalmente expuestos, ni demasiado sombreados por el sotobosque. Estos sitios se encuentran generalmente en los bordes o límites de los bosques donde se reduce la competencia con las herbáceas y las tasas de evapotranspiración. En el matorral perturbado prácticamente no existe regeneración natural.
SEMILLA	
Almacenamiento / Conservación.	Las semillas son recalcitrantes, es decir no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a bajas temperaturas y pierden viabilidad rápidamente conforme pasa el tiempo. Pueden almacenarse en condiciones naturales sólo por poco tiempo. Almacenadas en recipientes cerrados que permiten cierta aireación en sitios secos y sombreados, la viabilidad se mantiene al menos durante un período de 3 meses.
Dispersión.	Aves y mamíferos (roedores y ardillas, en la mayoría de los casos). Además de transportar o enterrar las semillas, los dispersores pueden consumirlas (dispersores-depredadores).
Germinación.	Tipo: hipógea. La germinación se completa entre las 3 y 5 semanas. El tiempo en que alcanza el 50 % de germinación acumulada es de 15 días.
Porcentaje de germinación:	50 a 93 %. Se presenta una tendencia a que el porcentaje aumente con el peso de la semilla.
Número de semillas por kilogramo:	190 a 1,300.
Recolección / Extracción.	Las semillas pueden infectarse por hongos que destruyen sus cotiledones por lo que deben colectarse directamente de las ramas o del suelo al poco tiempo de haber caído. Las bellotas caídas con la copa pegada usualmente son defectuosas.
Tratamiento pregerminativo.	No requieren de tratamiento
Tipo de semilla	Recalcitrante.
EXPERIENCIAS CON LA PLANTA	
Plantación Comercial/ Productiva/ Experimental.	Plantación experimental. En 1992, se efectuó una plantación de 1,000 plántulas de <i>Q. rugosa</i> de alrededor de un año de edad, en un sitio perturbado del Ajusco Medio, en el Distrito Federal. Se ha efectuado un seguimiento de dicha plantación evaluándose el desempeño de las plántulas en relación con su vecindario arbóreo y las condiciones del sustrato. Dado que la Zona Metropolitana de la Ciudad de México constituye uno de los sitios con mayor densidad poblacional del mundo, se espera que el conocimiento generado en este proyecto sea una aportación importante para la adecuada conservación y rehabilitación de los encinares (dominados por esta especie) en esta zona.
Reforestación / Restauración.	En el Instituto de Ecología de la UNAM, se lleva a cabo un proyecto de "Restauración Ecológica del Ajusco Medio (Lomas del Seminario)", el cual tiene como objetivo restablecer en una zona perturbada una comunidad florística que se considere un antecedente sucesional directo de la vegetación original, constituida por un matorral abierto dominado por encinos. De este proyecto se desprenden recomendaciones prácticas para su manejo en la zona: 1) La alta depredación de semillas y el frecuente secado o pudrición de las bellotas hacen poco adecuado esparcirlas o

	sembrarlas como técnica para reintroducir encinos en la zona. 2) Dada la relación existente entre micrositio y supervivencia de plántulas, y la alta mortalidad presente en los sitios perturbados, es de esperarse que el trasplante masivo de plántulas tenga poco impacto, por lo que resulta más apropiado el trasplante selectivo a micrositios específicos, cuidadosamente seleccionados, que imiten las condiciones de sombra parcial y aporte de hojarasca al suelo que se dan en el borde del bosque. 3) Proteger a las plántulas con cilindros de malla para evitar el acceso a los herbívoros.
EFEECTO RESTAURADOR/ SERVICIO AL AMBIENTE	Efecto(s) restaurador(es). 1. Acolchado / Cobertura de hojarasca. Los encinos son importantes formadores de suelo. Mejoran la productividad del sistema al aportar nutrientes al suelo mineral por la descomposición de la hojarasca. 2. Conservación del suelo / Control de la erosión. Especie estabilizadora del suelo, evita la erosión y genera piso forestal. 3. La presencia de los encinares es necesaria para preservar el equilibrio ecológico de cuencas. 4. Contribuye a la infiltración y la conservación de los mantos acuíferos subterráneos. Servicio(s). 1. Ornamental. Se utiliza para delimitar linderos y en calles y avenidas. 2. Sombra / Refugio.
TOLERANCIAS	Demandante de. 1. Sombra parcial (plántulas hasta un año de edad). 2. Luz (edad mayor a 2 años). Resistente a. 1. Sequía (adulto). Tolerante a. 1. Suelos ácidos. 2. Suelos someros. 3. Suelos secos. 4. Suelos húmedos. 5. Suelos pedregosos. 6. Suelos someros. 7. Heladas. 8. Semisombra. 9. Contaminación ambiental. Tolera los fluoruros.
Sensible / Susceptible a.	1. Daño por insectos. (Rama, hoja, bellota). Coléopteros (Curculionidae: Coleóptera), tanto en su fase larval como adulta. La mariposa <i>Anisota</i> sp. en estado larvario come las hojas, la mosca blanca <i>Hesperaleyrodes</i> sp. chupa los jugos de la planta, la escama <i>Protodiapsis</i> sp. extrae los jugos de las ramas. 2. Daño por hongos. El tizon foliar ocasionado por <i>Botryosphaeria</i> sp.; cáncer del tronco ocasionado por <i>Ceratostomella</i> sp.; chahuixtle o roya ocasionada por <i>Cronatium</i> sp. 3. Daño por ácaros: <i>Andricus</i> sp. ocasiona las agallas de las hojas, <i>Olingonichus</i> sp. (araña roja) extrae la savia de las hojas.
USOS	
Combustible (madera).	Leña y carbón.
Comestible (bebidas) (fruto (bellota)).	Elaboración de café con la bellota, se dice que la infusión ayuda a atenuar la embriaguez.
Curtiente (corteza, hojas).	La corteza y las agallas que se forman en las hojas tienen gran cantidad de taninos
Forrajero (hoja, fruto (bellota)).	La consume el ganado bovino, porcino y caprino.
Implementos de trabajo (madera).	Mangos de herramientas.
Industrializable (madera).	Elaboración de pulpa para papel.
Maderable (madera).	La madera es de buena calidad. Se usa para fabricar pilotes, durmientes, postes para cerca.
Medicinal (corteza).	La corteza tiene propiedades astringentes y es auxiliar para detener pequeñas hemorragias y reducir inflamaciones de la piel, producidas por ortigas y picaduras de insectos, ayuda a apretar los dientes y tratar úlceras.
COMENTARIOS	La diversidad de encinos mexicanos es muy alta, ya que existen alrededor de 200 especies en nuestro país (300 a 500 especies a nivel mundial), de las cuales 125 son endémicas. Los bosques de encinos han sido mal explotados maderablemente y subaprovechados en cuanto a otros recursos que pueden proporcionar (bellotas, corteza) y en algunos casos,

	eliminados indiscriminadamente por encontrarse en zonas de interés agrícola o cerca de zonas urbanas que tienden a crecer rápidamente como es el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Los encinos son árboles idóneos para las reforestaciones urbanas, ya que su lento crecimiento evita las interferencias con el cableado aéreo de las calles.
--	--

Fuente: Elaboración propia con información de la página electrónica de CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/31-fagac10m.pdf

PINO CEMPROIDE ZUCC

Con base en la información de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad se obtuvo la siguiente información de la especie de pino cemproide, Bishicuri, Pino piñonero, Piñón:

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Forma.	Árbol perennifolio, de 5 a 10 m (hasta 15 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm (hasta 70 cm).
Copa / Hojas.	Copa redondeada y abierta en individuos maduros y piramidales (espaciada) en individuos jóvenes, con follaje ralo, sobre todo en sitios muy secos, de color verde oscuro algo azulado, pálido a veces amarillento. Las hojas en grupos de 2 a 3, entre 2.5 y 10 cm de longitud, cubren abundantemente las ramitas y dejan una cicatriz en éstas cuando caen.
Tronco / Ramas.	Tronco corto. Ramas ascendentes, delgadas y colocadas irregularmente en el tallo, comenzando casi siempre desde la base.
Corteza.	<i>Externa</i> color café rojiza a casi negra, se rompe en gruesas láminas, con pequeñas escamas delgadas y fisuras profundas.
Flor(es).	Las flores masculinas son amentos cilíndricos.
Cono(s).	Conos subglobosos de 5 a 6 cm de ancho, casi sin pedúnculo, aislados o en grupos de 5, caedizos con escamas grandes gruesas y carnosas cuando están verdes y de color verde café-anaranjadas o rojizas cuando el cono madura.
Semilla(s).	Semillas desnudas, subcilíndricas, ligeramente triangulares, sin ala, de 10 mm de largo, café o negruzcas, abultadas en las partes superiores y adelgazadas hacia la base.
Raíz.	Sistema radical profundo.
DISTRIBUCIÓN	<i>Pinus cembroides</i> es uno de los pinos de mayor distribución en México (19 estados). Forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer. Las mayores poblaciones están en: Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, y Zacatecas. Altitud: 1,350 a 2,800 m.
Estados.	AGS. B.C. B.C.S. CHIH. COAH. DF. DGO. GTO. HGO. JAL. MEX. NL. PUE. QRO. S.L.P. SON. TAMPS. VER. ZAC.
Origen / Extensión	Especie originaria de México. Se extiende a Texas, Nuevo México y Arizona, al sur de los Estados Unidos. Latitudes variables desde los 18° a 32° N y longitudes desde los 90° a 116° W.

Estatus	<i>Nativa de México. Silvestre. Cultivada.</i> Se cultiva en climas templados.
HABITAT	Se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas, al pie de las montañas. En clima templado seco (Bsk) hasta templado subhúmedo (Cwb) con precipitaciones de 365 a 450 (800) mm anuales y con 7 u 8 meses secos. Temperaturas que oscilan entre 7 °C hasta 40 °C con promedios de 18 °C; alcanzando mínimas extremas de: 7°C y máximas de 42 °C o a veces mayores. Es una especie típica de suelos pobres, secos, pedregosos o calizos, grisáceos o negros, calcáreos con alto contenido de yeso, delgados en lomeríos y aluviones en los valles de muy buen drenaje y con pH de 4 a 8, normalmente prefiere los suelos de neutros a alcalinos.
IMPORTANCIA ECOLÓGICA	Los bosques de piñón son muy extensos en ambas cadenas montañosas de la parte norte del país. Conforman una vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de las Sierras Madres Oriental y Occidental.
VEGETACIÓN / ZONA ECOLÓGICA	
Vegetación asociada.	<ul style="list-style-type: none"> · Bosque de encino. · Bosque de pino. · Bosque de pino-encino.
Zona(s) ecológica(s).	Templado subhúmedo
FENOLOGÍA	
Follaje.	Perennifolio.
Floración.	Florece de marzo a abril.
Fructificación.	Los conos maduran (abren) de noviembre a diciembre.
Polinización.	Anemófila.
ASPECTOS FISIOLÓGICOS	
Adaptación.	Especie de alto potencial adaptativo.
Competencia.	<i>No disponible.</i>
Crecimiento.	Especie de lento crecimiento.
Producción de hojas, frutos, madera y/o semillas.	Las bajas temperaturas influyen favorablemente sobre el crecimiento del piñonero y la producción de conos. Los árboles tardan muchos años en fructificar por primera vez.
Regeneración.	Se regenera fácilmente.
SEMILLA	
Almacenamiento / Conservación.	<i>No disponible</i>
Dispersión.	Anemócora (viento).
Germinación.	El tiempo promedio en germinar es de 17 días.
Porcentaje de germinación:	60 a 99%.
Número de semillas por kilogramo:	2,250 a 3,144.
Tratamiento pregerminativo.	1. Estratificación en frío por 30 días. 2. Escarificación. Sumergir las semillas en agua y dejarlas en remojo por 24 horas.
Tipo de semilla	Ortodoxa.
EXPERIENCIAS CON LA PLANTA	
Reforestación / Restauración.	Es un pino atractivo para reforestar zonas áridas y semiáridas. Es una de las especies más resistentes a la sequía. Se recomienda para

	reforestación en la meseta central de México.
EFEECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE	Conservación del suelo/ Control de la erosión. Evita la erosión y favorece la infiltración del agua, restableciendo los mantos subterráneos. Servicio(s). 1. Ornamental. Es un árbol recomendable para decorar parques, jardines y campos deportivos, por sus bajos incrementos en altura. 2. Sombra /Refugio. Las semillas son alimento para la fauna silvestre. Más del 90 % son depredadas por pájaros.
TOLERANCIAS	Demandante de. 1. Luz Resistente a. 1. Heladas. 2. Sequía. En Sudáfrica esta especie ha probado su extrema resistencia a la sequía. Llega a tolerar hasta 7 u 8 meses de sequía. 3. Temperaturas elevadas. Tolerante a. 1. Suelos someros.
Sensible / Susceptible a.	Sensible / Susceptible a. 1. Daño por insectos. <i>Ips</i> sp. descortezador secundario, <i>Dendroctonus</i> sp. ataca al tronco, <i>Pityophthorus</i> sp. barrenador, <i>Conotrachelus</i> sp. plaga principal del cono en estado maduro. También se ha reportado la presencia de agallas en las hojas por insectos no determinados, el daño se observa por el follaje amarillento, fuste torcido y secreción difusa de resina. 2. Contaminación ambiental. Acumula grandes cantidades de polvo en el follaje. Puede observarse también el bandeado amarillo de las hojas, acortamiento de las mismas y caída del follaje en general.
USOS	
Adhesivos [exudado (resina)]	La resina es utilizada como materia prima en impermeabilizantes y como pegamento de ollas y canastas.
Combustible [madera].	Leña. Especie muy resinosa, algo fragante cuando se quema.
Comestible [semilla].	Esta especie es importante comercialmente por su semilla (piñón) de alto valor nutricional, alto porcentaje de grasas y proteínas. Abastece poco más del 90 % de los piñones conocidos en el mercado. <i>Pinus nelsoni</i> es un productor complementario.
Construcción [madera].	Construcción rural, estructuras internas de las minas, huertas, postes.
Maderable [madera].	Madera suave, ligera y amarillenta, de textura uniforme, su peso específico castaño pálido; textura fina, grano derecho y veteado suave y agradable, pero su fuste normalmente es nudoso y corto lo que le resta posibilidad de uso en muebles de alta calidad. En el medio rural se hacen muebles rústicos que son bien apreciados. Postes, puertas, tejamanil, puntales para minas.
COMENTARIOS	En Chihuahua y Durango se llegan a encontrar individuos de <i>Pinus cembroides</i> que tienen por lo menos 300 años de edad. Es la principal especie proveedora de piñón en México. El estado de Nuevo León es el mayor productor. Es un producto agrícola valioso en las comunidades donde se encuentra, pero ha sido escaso e inadecuadamente aprovechado.

Fuente: Elaboración propia con información de la página electrónica de CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/31-fagac10m.pdf

LIQUIDAMBAR STYRACIFLUA L.

Con base en la información de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad se obtuvo la siguiente información de la especie de liquidámbar styraciflua Liquidambar, Árbol del ámbar, Estoraque, Ocozol, Árbol del estoraque:

- Nombre científico o latino: *Liquidambar styraciflua* L.
- Nombre común o vulgar: Liquidambar, Árbol del ámbar, Estoraque, Ocozol, Árbol del estoraque.
- Familia: Hamamelidaceae.
- Origen: Sur de EE.UU., México y Guatemala.
- Etimología: *Liquidambar styraciflua*. Su nombre significa "ámbar líquido", debido a la resina aromática que se obtiene de su corteza. *Styraciflua* significa "rico en sustancias gomosas". Pertenece a la familia de las Hamamelidáceas.
- Porte: piramidal o cónico. De forma estrecha y cónica en los primeros años, se ensancha cuando envejece.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Forma.	Arbol (sub)caducifolio de 20 a 40 m (hasta 60 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de hasta 42 cm (algunos individuos llegan a tener 1.5 m). En cultivo de 15 a 20 m de altura.
Copa / Hojas.	Copa alargada (estrecha) o piramidal (cuando jóvenes); copa redonda y amplia (cuando maduros). Hojas en espiral, simples; láminas más anchas que largas, de 4 a 11 cm de largo y 5 a 15 cm de ancho, 3-5-lobadas, los lóbulos triangulares, con el margen aserrado. Olor a trementina
Tronco / Ramas.	Tronco recto, ramas alternas, ascendentes y delgadas.
Corteza.	<i>Externa</i> angostamente fisurada, suberificada, moreno-grisácea. <i>Interna</i> de color crema amarillento cambiando a pardo, ligeramente amarga, fibrosa. De la corteza fluye un líquido resinoso. Grosor total: 5 a 10 mm.
Flor(es).	En panículas terminales o axilares sobre ramas cortas laterales, de 5 a 10 cm de largo, pubescentes. Flores unisexuales muy pequeñas, sin perianto.
Fruto(s)	Cápsulas pequeñas en cabezuelas de 2.5 a 4 cm de diámetro, en pedúnculos de 5 a 6.5 cm de largo, glabro; cabezuelas globosas, equinadas, leñosas, morenas a negro brillantes; fruto una cápsula

	bivalvada, dehiscente por el ápice.
Semilla(s).	El fruto contiene unas cuantas semillas, de 6 a 8 mm de largo, aladas, morenas.
Raíz.	Sistema radical ampliamente extendido y algo profundo. Raíces pivotantes y rastreras, extensas, leñosas y duras.
DISTRIBUCIÓN	Se encuentra en la vertiente del Golfo a lo largo de la Sierra Madre Oriental desde Nuevo León y Tamaulipas, hasta el norte de Chiapas, en la vertiente del Pacífico en la Sierra Madre del Sur en Oaxaca y en la Sierra del Soconusco en Chiapas. Altitud: 400 a 1,800 m.
Estados. Origen	CHIS. D.F. HGO. MICH. MOR. N.L. OAX. PUE. S.L.P. TAMPS. VER
Extensión	Originaria de Norteamérica, en su región Atlántica, e introducida en Europa. Se da naturalmente desde Connecticut, Estados Unidos, hasta la zona central de Nicaragua.
Estatus	<i>Cultivada. Nativa. Silvestre.</i> Nativa de la región Atlántica de Norteamérica.
HABITAT	Abundante en los lugares abiertos, bordes de caminos, claros, acahuales. Región climática subhúmeda a húmeda, con 1,000 a 1,500 mm de lluvia. Prospera en diferentes tipos de suelos pero se desarrolla preferentemente en suelos ácidos y franco-arcillosos, profundos, ricos en nutrientes, húmedos y frescos. Crece en suelos arcillosos derivados de material calizo y volcánico en la vertiente del Golfo y derivados de material metamórfico e ígneo en la vertiente del Pacífico.
IMPORTANCIA ECOLÓGICA	Especie Primaria / Secundaria (estratos medios y bajos). Es un árbol pionero, heliófilo, invasor de estadios tempranos. Es la especie dominante del bosque mesófilo. Se le encuentra principalmente en sitios abandonados.
VEGETACIÓN / ZONA ECOLÓGICA	Tipos de vegetación. <ul style="list-style-type: none"> · Bosque de encino. · Bosque de pino. · Bosque de pino-encino. · Bosque mesófilo de montaña. · Bosque tropical caducifolio.
Vegetación asociada.	<i>Clethra mexicana, Quercus sartorii, Alnus sp., Arbutus xalapensis, Podocarpus sp., Pterocarpus sp., Pinus oocarpa, P. pseudostrobus, P. douglasiana, P. teocote, P. leiophylla, P. lawsonii, P. pringlei, P. lumholtzii, Cedrela odorata, Vochysia hondurensis.</i>
FENOLOGÍA	
Follaje.	Caducifolio. Los árboles cambian todo el follaje entre noviembre y febrero tomando tonalidades muy características.
Floración.	Florece de enero a marzo.
Fructificación.	<i>No disponible</i>
Polinización.	<i>No disponible</i>
ASPECTOS FISIOLÓGICOS	
Adaptación.	<i>No disponible</i>
Competencia.	<i>No disponible</i>
Crecimiento.	Sobre sitios favorables las plántulas crecen hasta 0.6 m durante el primer año y alcanzan una altura de 1.4 m a los 3 ó 5 años
Descomposición.	Los pasálidos tienen alta preferencia por la madera caída de <i>Liquidambar</i> . Los rutelinos saproxilofagos <i>Plusiotis adelaida</i> y <i>Chrysina macropus</i> se desarrollan en troncos derribados húmedos y completan su ciclo vital en 2 años, para lo cual consumen 1.3 y 2.6 kg de madera por individuo respectivamente, lo cual expresado en promedio mensual a escala poblacional equivale a 2.5 kg/ha.
Producción de hojas, frutos,	Los árboles comienzan a producir buenas cosechas de semilla a partir de los 20 ó 30 años de edad y su producción permanece abundante hasta

madera y/o semillas.	los 150 años. La mayor producción de semillas se da con intervalos de 2 ó 3 años. Las semillas pueden cosecharse cada año pero cada 3 años su producción es más abundante.
SEMILLA	
Almacenamiento / Conservación.	Se almacenan en frascos sellados a temperaturas entre 1 y 5 °C con una humedad del 10 al 15 %. En condiciones de almacenamiento en frío seco, pueden conservarse durante un año.
Dispersión.	Principalmente anemócora (viento). La máxima distancia registrada es de 183 m pero usualmente caen como a 60 m del punto de liberación.
Germinación.	Tipo: epigea. Las semillas germinan a una temperatura de 20 a 30 °C; tardan en germinar de
Porcentaje de germinación:	30 a 70 (90) %. La tasa de germinación llega a afectarse por el tiempo de almacenamiento.
Número de semillas por kilogramo:	130,000 a 180,000 semillas limpias.
Recolección / Extracción.	Los frutos inmaduros necesitan de 4 a 10 días para secarse bajo sombra, seguidos de 3 días expuestos al sol para que abran. Pueden madurar si se les almacena un mes a 5 °C. Se recogen directamente del árbol. La extracción de las semillas se hace sacudiendo los frutos secos.
Tratamiento pregerminativo.	Tratamiento pregerminativo. 1. Inmersión en agua a temperatura ambiente de 2 a 48 horas. 2. Estratificación en frío a 2 °C, durante 15 a 90 días (lo común son 30). 3. Estratificación antes de la siembra durante 30 a 60 días en arena húmeda a 4 °C.
Tipo de semilla	Ortodoxa
EXPERIENCIAS CON LA PLANTA	
Reforestación / Restauración.	Plantación urbana (Durango). Es una especie con potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva. Tolerancia amplia de suelos.
EFFECTO RESTAURADOR / SERVICIO AL AMBIENTE	Efecto(s) Restaurador(es). 1. Estabiliza bancos de arena. 2. Recuperación de terrenos degradados o desmontados. Se ha utilizado para restaurar sitios donde hubo actividad minera. Servicio(s). 1. Ornamental. Muy apreciada como planta de ornato en avenidas, parques y jardines por la belleza de su follaje que en otoño se torna rojo-amarillento, escarlata, violáceo. 2. Sombra / Refugio. Las semillas son comidas por aves, ardillas, venados cola blanca, etcétera. Los árboles proporcionan alimento durante el invierno y refugio para el apareamiento de gran variedad de aves y mamíferos.
TOLERANCIAS	Demandante de. 1. Luz (plántulas). Firme al. 1. Viento. Resistente a. 1. Sequía moderada. Se ha comprobado que el incremento de CO2 aumenta la resistencia de las plántulas a la sequía. Tolerante a. 1. Contaminación ambiental. Tolerancia intermedia al ozono (las hojas pierden color y se necrosan). Tolerancia a fluoruros presentes. La lluvia ácida causa reducción significativa de raíces y biomasa de tallo. 2. Heladas en un rango no menor de — 25 a — 30 °C. 3. Inundación temporal. Resiste el exceso de agua. 4. Sombra. En estadios jóvenes los árboles pueden soportar un sombreado ligero. A mayor edad son menos tolerantes a la competencia por luz. 5. Suelos húmedos, inundables pero de fácil drenaje. 6. Suelos salinos. 7. Atmósferas salinas
Sensible / Susceptible a.	a. 1. Sequía (semilla). 2. Daño por insectos. La mosquita blanca <i>Trialeurodes</i> sp. ocasiona clorosis foliar, <i>Chrisobotis femorata</i> ataca árboles poco vigorosos o recién transplantados, <i>Hiphantria cunea</i> daña el follaje, <i>Oiketicus dendrokomos</i> (Lepidóptera) ocasiona defoliación leve.
USOS	

Aromatizante	El bálsamo se usa como incienso en hogares y templos y los aztecas lo utilizaban como aromatizante del tabaco y como objeto de impuesto y comercio. El bálsamo también se utiliza en fumigadores.
Artesanal [madera].	Se emplea en la elaboración de artesanías, artículos torneados e instrumentos musicales. La madera pesada y dura es fácil de trabajar con máquinas y herramientas de carpintería.
Combustible [madera].	Leña.
Construcción [madera].	Como madera de construcción es de las más estimadas por sus dimensiones y resistencia, su fibra se opone a la alteración producida por agentes externos.
Maderable [madera].	Toma buen pulimento, es durable aromática, pesada, dura, compacta, poco flexible y susceptible de contraerse y torcerse cuando se seca. Es empleada en obras de tonelería. Se puede usar para muebles, durmientes, decoración de interiores, chapas, contrachapeado, cajas, palillos de dientes, cabos de cerillos, abatelenguas, lambrín.
COMENTARIOS	Este árbol era bien conocido y apreciado por los antiguos pobladores del Anáhuac, en su lengua lo designaban con el nombre de Xochicotzoquahuítl que significa árbol que produce trementina aromática. Su nombre deriva del latín "liquidus", líquido, y del árabe "ambar", ámbar, debido a su secreción fluida y aromática.

Fuente: Elaboración propia con información de la página electrónica de CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/31-fagac10m.pdf

PINO RADIATA

Con base en la información de la CONAFOR se obtuvo la siguiente información de la especie pino radiata:

- Nombre científico: *Pinus radiata* D. Don Sinonimia *Pinus insignis* Douglas (1).
- Nombre(s) común(es): Pino radiata, pino Monterrey, pino insigne.

Objetivos:

- Restauración y protección. Se recomienda su plantación en zonas degradadas. En varios estados del país: Distrito Federal, Querétaro, México, Hidalgo y Oaxaca, se han realizado plantaciones sin mucho éxito, casi todas tienen fuertes problemas de plagas.
- Agroforestal
- Urbano. En Jalisco se ha utilizado para la alineación de calles.
- Comercial. En Chihuahua y Guerrero se han realizado plantaciones con fines de ornato y de extracción de pulpa.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Origen	Es nativa de Estados Unidos de América
Forma biológica	Árbol entre 15 y 50 m de altura, raramente 60 m, con un DN de 30 a 90 cm. El fenotipo es muy variable, en el mundo se han observado desde individuos vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular, hasta poblaciones de árboles bifurcados, encorvados, con madera nudosa y otros defectos. Las poblaciones registran un incremento medio anual de 15 m ³ /ha, año
Fenología	Hojas: perennifolio. Flores: en E.U.A se presenta entre abril y junio (1). Frutos: en E.U.A la apertura de conos se da entre agosto y octubre, y la dispersión de semillas de octubre a noviembre, Los conos son seróticos y persistentes, la mayor producción de semillas se da en árboles de 15 a 20 años de edad.
Distribución en México	
Asociación vegetal	Bosque de coníferas, bosque de <i>Quercus</i>
Entidades	Se han establecido plantaciones en los estados de Chihuahua, Distrito Federal, México, Querétaro, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Jalisco, Tlaxcala, Puebla, Michoacán, Chiapas y Baja California
Requerimientos Ambientales	Mínima: 0, 800 en su distribución natural, 400 en México. Máxima: 300, 1,700 en su distribución natural; 600 en México; 2,000 en Ayototxtla, Gro
Suelo	
Características físicas	Profundidad: de someros a moderadamente profundo, de 30 a más de 60 cm. Textura: areno-arcillosa Fertilidad: pobres
Usos	Se utiliza para producción de madera, pulpa y celulosa, a nivel mundial se le ha utilizado para aserrío, postería, cajas y en la construcción
Obtención y manejo de la semilla	Las semillas a utilizar deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigorosos, con buena producción de frutos, y preferentemente de fuste recto sin ramificaciones a baja altura. Con esto se pretende asegurar que las plantas obtenidas de esas semillas hereden las características de los parentales. Dependiendo del propósito de la plantación, madera o productos celulósicos, se realiza la selección de árboles padres
Métodos de beneficio de frutos y semillas	
Obtención de las semillas de los frutos en el vivero	En el vivero los frutos se ponen a secar con el fin de disminuir su contenido de agua y concluir con la maduración, lo que propiciará la apertura de los conos. Los métodos de secado pueden ser al aire libre, por una corriente de aire seco a través de ellos, o bien secados al horno. En el caso de las especies con conos seróticos es recomendable que estos se sumerjan en agua caliente (entre 40 y 60°C) previo al secado, esto con la finalidad de favorecer su apertura. También pueden sumergirse los conos en agua caliente de 1 a 2 minutos, con secado en estufa a 49°C durante 48 a 72 horas o bien de 3 a 7 días al aire libre. Una vez que las semillas se han liberado el siguiente paso es el desalado; éste se realiza manualmente, en húmedo, o por métodos mecánicos, en

	seco. La limpieza se realiza por métodos mecánicos, para remover las impurezas y semillas vanas, los propágulos se colocan en tamices vibratorios, con diferentes tamaños de malla, y son expuestas a corrientes de aire; otra opción es la flotación en agua
Número de semillas por kilogramo	Varía de 22,707 a 34,612 semillas/kg; de un 1 kg de conos se obtienen aprox. 408 g de semillas
Período de siembra	Primavera y verano
Tratamientos pregerminativos	Se recomienda la estratificación a una temperatura entre 0.5°C y 5°C, de 1 a 7 días para semillas frescas, y para semilla almacenada de 7 a 21 días
Porcentaje de germinación obtenido	De 70 a 80%
Tiempo necesario para la germinación de las semillas	De 5 a 6 semanas
Método de siembra	La siembra puede realizarse directamente en envases individuales, o por almácigo. Cuando la siembra es directa se sugiere sembrar 2 semillas por envase. Cuando el cultivo parte de almácigos el repique a los envases se realiza cuando las plántulas alcancen 3 a 4 cm de altura y tengan lo que se conoce como “cabeza de cerillo”, antes de que aparezcan las hojas o acículas primarias. Si no se tiene cuidado, el trasplante del semillero al envase puede producir daños severos a la planta, especialmente deformaciones a la raíz. La siembra puede realizarse al aire libre o en invernadero, el uso de este último reporta un adelanto de varias semanas en el desarrollo de la planta, pero a cambio de una deuda temporal en vigor, por lo que la planta debe ser aclimatada antes de su plantación en campo
Tipo de envase	Bolsa de polietileno negro de 7 x 16 cm, para invernadero se usan conos rígidos de plástico con guías de 4 x 20 cm; también puede utilizarse bolsa de polietileno de 30 cm de longitud, existe también la opción de siembra semimecánica utilizando el sistema “paper-pot”

Fuente: Elaboración propia con información de la página electrónica de CONAFOR. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedades/Fichas%20Tecnicas/Pinus%20radiata.pdf>

- ANEXO 3 -

Desglose de costos de inversión, estimado de ingresos y beneficios

PRESUPUESTO DE COSTOS Y GASTOS

CONCEPTO	2007		2008		2009		2010	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación		60,039,675						
Riego		28,238,000		2,880,276		2,937,882		2,996,639
Fertilización		12,908,800		1,316,698		1,343,032		1,369,892
Fumigación		3,227,200		329,174		335,758		342,473
Depreciación de equipo		4,840,800		493,762		503,637		513,710
Salarios		32,114,534	3,275,683		3,341,196		3,408,020	
TOTAL	141,369,009.480		8,295,592.117		8,461,503.959		8,630,734.038	

CONCEPTO	2011		2012		2013		2014	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación								
Riego		3,056,572		3,117,703		3,180,057		3,243,659
Fertilización		1,397,290		1,425,236		1,453,741		1,482,815
Fumigación		349,323		356,309		363,435		370,704
Depreciación de equipo		523,984		534,463		545,153		556,056
Salarios	3,476,180		3,545,704		3,616,618		3,688,951	
TOTAL	8,803,348.719		8,979,415.694		9,159,004.008		9,342,184.088	

CONCEPTO	2015		2016		2017		2018	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación								
Riego		3,308,532		3,374,702		3,442,196		3,511,040
Fertilización		1,512,472		1,542,721		1,573,576		1,605,047
Fumigación		378,118		385,680		393,394		401,262
Depreciación de equipo		567,177		578,520		590,091		601,893
Salarios	3,762,730		3,837,984		3,914,744		3,993,039	
TOTAL	9,529,027.769		9,719,608.325		9,914,000.491		10,112,280.501	

CONCEPTO	2019		2020		2021		2022	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación								
Riego		3,581,261		3,652,886		3,725,944		3,800,463
Fertilización		1,637,148		1,669,891		1,703,289		1,737,355
Fumigación		409,287		417,473		425,822		434,339
Depreciación de equipo		613,930		626,209		638,733		651,508
Salarios	4,072,899		4,154,357		4,237,445		4,322,194	
TOTAL		10,314,526.111		10,520,816.633		10,731,232.966		10,945,857.625

CONCEPTO	2023		2024		2025		2026	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación								
Riego		3,876,472		3,954,002		4,033,082		4,113,743
Fertilización		1,772,102		1,807,544		1,843,695		1,880,568
Fumigación		443,025		451,886		460,924		470,142
Depreciación de equipo		664,538		677,829		691,385		705,213
Salarios	4,408,637		4,496,810		4,586,746		4,678,481	
TOTAL		11,164,774.778		11,388,070.273		11,615,831.679		11,848,148.312

CONCEPTO	2027		2028		2029		2030	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación								
Riego		4,196,018		4,279,939		4,365,537		4,452,848
Fertilización		1,918,180		1,956,543		1,995,674		2,035,588
Fumigación		479,545		489,136		498,919		508,897
Depreciación de equipo		719,317		733,704		748,378		763,345
Salarios	4,772,051		4,867,492		4,964,842		5,064,139	
TOTAL		12,085,111.279		12,326,813.504		12,573,349.774		12,824,816.770

CONCEPTO	2031		2032		2033		2034	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación								
Riego		4,541,905		4,632,743		4,725,398		4,819,906
Fertilización		2,076,299		2,117,825		2,160,182		2,203,386
Fumigación		519,075		529,456		540,045		550,846
Depreciación de equipo		778,612		794,185		810,068		826,270
Salarios	5,165,421		5,268,730		5,374,104		5,481,586	
TOTAL		13,081,313.105		13,342,939.367		13,609,798.155		13,881,994.118

CONCEPTO	2035		2036	
	FIJOS	VARIABLES	FIJOS	VARIABLES
Inversión en reforestación				
Riego		4,916,304		5,014,630
Fertilización		2,247,453		2,292,402
Fumigación		561,863		573,101
Depreciación de equipo		842,795		859,651
Salarios	5,591,218		5,703,043	
TOTAL		14,159,634.000		14,442,826.680

Los datos anteriores se presentan tomando en cuenta que la inversión inicial en riego, fertilización, fumigación, depreciación de equipo y salarios se reduce a partir del segundo año a solo un 10% del costo del primer año y también se toma en cuenta que la inversión en reforestación la cual básicamente incluye la compra de árboles solo se realiza una vez.

Los costos tienen una proyección de incremento de aproximadamente 2% anual esto bajo un cálculo conservador que nos permita contemplar incrementos de precios o salarios.

Para el Estado de Resultados debemos considerar que los ingresos también se incrementarán en un 2% atendiendo el mismo criterio que se utilizó para determinar el incremento en los costos.

ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2007		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2008	
Presupuesto de ingresos	\$481,660.32	Presupuesto de ingresos	\$7,032,240.67
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$8,295,592.12	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$8,295,592.12
= Utilidad neta	-\$7,813,931.80	= Utilidad neta	-\$1,263,351.44
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2009		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2010	
Presupuesto de ingresos	\$13,630,987.06	Presupuesto de ingresos	\$20,181,567.41
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$8,461,503.96	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$8,630,734.04
= Utilidad neta	\$5,169,483.10	= Utilidad neta	\$11,550,833.38
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2011		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2012	
Presupuesto de ingresos	\$26,732,147.77	Presupuesto de ingresos	\$33,330,894.15
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$8,803,348.72	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$8,979,415.69
= Utilidad neta	\$17,928,799.05	= Utilidad neta	\$24,351,478.46
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2013		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2014	
Presupuesto de ingresos	\$39,881,474.51	Presupuesto de ingresos	\$46,432,054.86
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$9,159,004.01	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$9,342,184.09
= Utilidad neta	\$30,722,470.50	= Utilidad neta	\$37,089,870.78
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2015		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2016	
Presupuesto de ingresos	\$53,030,801.25	Presupuesto de ingresos	\$59,581,381.60
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$9,529,027.77	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$9,719,608.32
= Utilidad neta	\$43,501,773.48	= Utilidad neta	\$49,861,773.28
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2017		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2018	
Presupuesto de ingresos	\$61,107,264.28	Presupuesto de ingresos	\$62,658,497.27
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$9,914,000.49	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$10,112,280.50
= Utilidad neta	\$51,193,263.79	= Utilidad neta	\$52,546,216.77

ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2019		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2020	
Presupuesto de ingresos	\$64,229,518.95	Presupuesto de ingresos	\$65,823,789.44
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$10,314,526.11	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$10,520,816.63
= Utilidad neta	\$53,914,992.83	= Utilidad neta	\$55,302,972.81
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2021		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2022	
Presupuesto de ingresos	\$67,441,773.74	Presupuesto de ingresos	\$69,086,950.38
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$10,731,232.97	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$10,945,857.63
= Utilidad neta	\$56,710,540.77	= Utilidad neta	\$58,141,092.75
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2023		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2024	
Presupuesto de ingresos	\$70,753,794.58	Presupuesto de ingresos	\$72,445,804.05
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$11,164,774.78	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$11,388,070.27
= Utilidad neta	\$59,589,019.80	= Utilidad neta	\$61,057,733.77
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2025		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2026	
Presupuesto de ingresos	\$74,166,486.36	Presupuesto de ingresos	\$75,910,346.36
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$11,615,831.68	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$11,848,148.31
= Utilidad neta	\$62,550,654.69	= Utilidad neta	\$64,062,198.05
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2027		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2028	
Presupuesto de ingresos	\$77,680,911.94	Presupuesto de ingresos	\$79,481,721.49
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$12,085,111.28	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$12,326,813.50
= Utilidad neta	\$65,595,800.66	= Utilidad neta	\$67,154,907.98
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2029		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2030	
Presupuesto de ingresos	\$81,307,311.26	Presupuesto de ingresos	\$83,161,241.21
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$12,573,349.77	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$12,824,816.77
= Utilidad neta	\$68,733,961.49	= Utilidad neta	\$70,336,424.44

ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2031		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2032	
Presupuesto de ingresos	\$85,047,082.42	Presupuesto de ingresos	\$86,959,404.48
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$13,081,313.11	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$13,342,939.37
= Utilidad neta	\$71,965,769.32	= Utilidad neta	\$73,616,465.12
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2033		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2034	
Presupuesto de ingresos	\$88,901,801.38	Presupuesto de ingresos	\$90,877,878.86
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$13,609,798.15	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$13,881,994.12
= Utilidad neta	\$75,292,003.22	= Utilidad neta	\$76,995,884.74
ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2035		ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2036	
Presupuesto de ingresos	\$92,882,241.93	Presupuesto de ingresos	\$94,918,520.64
(-) Presupuesto de costos y gastos	\$14,159,634.00	(-) Presupuesto de costos y gastos	\$14,442,826.68
= Utilidad neta	\$78,722,607.93	= Utilidad neta	\$80,475,693.96

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR):

Montos (\$)	Concepto	Montos (\$)	Concepto
- 141,369,009.48	Inversión Inicial	58,141,092.75	INA 16
- 7,813,931.80	INA 1	59,589,019.80	INA 17
- 1,263,351.44	INA 2	61,057,733.77	INA 18
5,169,483.10	INA 3	62,550,654.69	INA 19
11,550,833.38	INA 4	64,062,198.05	INA 20
17,928,799.05	INA 5	65,595,800.66	INA 21
24,351,478.46	INA 6	67,154,907.98	INA 22
30,722,470.50	INA 7	68,733,961.49	INA 23
37,089,870.78	INA 8	70,336,424.44	INA 24
43,501,773.48	INA 9	71,965,769.32	INA 25
49,861,773.28	INA 10	73,616,465.12	INA 26
51,193,263.79	INA 11	75,292,003.22	INA 27
52,546,216.77	INA 12	76,995,884.74	INA 28
53,914,992.83	INA 13	78,722,607.93	INA 29
55,302,972.81	INA 14	80,475,693.96	INA 30
56,710,540.77	INA 15	16.185148%	Tasa Interna de Retorno

Cálculo del Valor Presente Neto (**VAN**):

Calculo de VAN

Datos	Descripción
8%	Tasa anual de descuento
- 141,369,009.48	Costo inicial de la inversión
- 7,813,931.80	Rendimiento año 1
- 1,263,351.44	Rendimiento año 2
5,169,483.10	Rendimiento año 3
11,550,833.38	Rendimiento año 4
17,928,799.05	Rendimiento año 5
24,351,478.46	Rendimiento año 6
30,722,470.50	Rendimiento año 7
37,089,870.78	Rendimiento año 8
43,501,773.48	Rendimiento año 9
49,861,773.28	Rendimiento año 10
51,193,263.79	Rendimiento año 11
52,546,216.77	Rendimiento año 12
53,914,992.83	Rendimiento año 13
55,302,972.81	Rendimiento año 14
56,710,540.77	Rendimiento año 15
58,141,092.75	Rendimiento año 16
59,589,019.80	Rendimiento año 17
61,057,733.77	Rendimiento año 18
62,550,654.69	Rendimiento año 19
64,062,198.05	Rendimiento año 20
65,595,800.66	Rendimiento año 21
67,154,907.98	Rendimiento año 22
68,733,961.49	Rendimiento año 23
70,336,424.44	Rendimiento año 24
71,965,769.32	Rendimiento año 25
73,616,465.12	Rendimiento año 26
75,292,003.22	Rendimiento año 27
76,995,884.74	Rendimiento año 28
78,722,607.93	Rendimiento año 29
80,475,693.96	Rendimiento año 30
\$ 233,947,795.79	Valor Neto Actual

- ANEXO 4 -

Glosario de términos

Absorción. Incorporación de una sustancia de interés a un depósito o reservorio. A la absorción de sustancias que contienen carbono, en particular bióxido de carbono, se le suele llamar secuestro (de carbono).

Antropogénico. Resultado de o producido por el ser humano.

Aprovechamiento sustentable. Uso de un recurso natural de modo tal que no altere las posibilidades de su utilización en el futuro.

Área natural protegida. Zona especialmente seleccionada con el objetivo de lograr la conservación de un ecosistema, de la diversidad biológica y genética, o una especie determinada. Se trata de una porción de tierra o agua determinada por la ley, de propiedad pública o privada, que es reglamentada y administrada de modo de alcanzar objetivos específicos de conservación.

Área natural. Lugar físico o espacio en donde uno o más elementos naturales o de la naturaleza en su conjunto, no se encuentran alterados por las sociedades humanas

Asentamiento Humano. Lugar o área ocupado por pobladores.

Atmósfera. Capa de aire que rodea la Tierra. Consiste casi en su totalidad de nitrógeno (78.1%) y oxígeno (20.9%) además de otros gases como el argón, el helio y vapor de agua; éstos a su vez combinados con gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y el ozono. La atmósfera también contiene nubes y aerosoles.

Biodiversidad. El número y abundancia relativa de diferentes genes, especies o ecosistemas en un área en particular.

Biomasa. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.

Bióxido de Carbono. Gas naturalmente producido por animales durante la respiración y en la descomposición de biomásas. Lo utilizan las plantas para realizar la fotosíntesis. Es uno de los gases más importantes precursores del Efecto Invernadero.

BM. Banco Mundial

Bonos de carbono. Los bonos de carbono son un instrumento económico contemplado en el Protocolo de Kioto. Cada bono de carbono equivale a una tonelada de bióxido de carbono equivalente (ton CO₂ eq.) que ha sido dejada de emitir a la atmósfera. El objetivo de la existencia y uso de los bonos de carbono es disminuir los costos de las actividades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero; únicamente pueden ser generados por los mecanismos establecidos en el Protocolo de Kioto.

Calentamiento Global. El calentamiento de la superficie de la tierra, dirigido por fuerzas naturales o Antropogénicas

Calidad de vida. Este término surge como contraste al usado nivel de vida de los primeros sociólogos, referido a la problemática del ambiente. Se refiere a la existencia de infraestructuras comunes que mejoran el medio o entorno habitable de los hombres. Bienestar de los seres vivos. Grado en que una sociedad ofrece la oportunidad real de disfrutar de todos los bienes y servicios disponibles. Es un concepto multidimensional ya que abarca aspectos tan amplios como la alimentación y el abrigo junto con el sentimiento de pertenencia y de autorrealización.

Cambio Climático. Se refiere a cualquier cambio en el clima a largo plazo, ya sea por causas naturales o como resultado de la actividad humana.

Capa de Ozono. La estratosfera contiene una capa con una gran concentración de ozono. La capa se extiende desde 12 a 40 km. La concentración de ozono alcanza un máximo de entre 20 y 25 Km. Ésta capa se

ha ido agotando a causa de las emisiones humanas de compuestos de cloro y bromo.

Capacidad de Carga. El número de individuos en una población que un hábitat puede mantener.

Capacidad de Regeneración. La que posee un entorno para alcanzar un estado biológico más avanzado tras haber sufrido una perturbación, si ésta cesa el tiempo suficiente.

Capital natural. Puede definirse como el medio de producción *no producido* que genera un flujo de recursos y servicios naturales.

CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental

Ciclo del carbono. Término utilizado para describir el flujo del carbono (en sus diferentes formas) a través de la biosfera y la litosfera atmosférica, oceánica y terrestre.

Clima. Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región.

Clorofluorocarbonos (CFCs). Gases de efecto invernadero contemplados dentro dentro del Protocolo de Montreal de 1987. Usados para la refrigeración, aire acondicionado, empaquetamiento, aislamiento, como solventes o aerosoles. Como no son destruidos en la capa más baja de la atmósfera, los CFCs llegan a la parte atmosférica más alta donde, dadas ciertas condiciones, destruyen la capa de ozono. Estos gases están siendo remplazados por otros compuestos incluyendo hidroclorocarbonos e hidrofluorocarbonos, los cuales son gases de efecto invernadero contemplados en el protocolo de Kyoto.

CO₂e. Unidad de medida de bióxido de carbono equivalente.

Combustibles Fósiles. Son los constituidos por restos fósiles de organismos vivos. Los principales son: el carbón, el petróleo y el gas natural. Combustibles

que derivan de los restos de organismos vivos de eras prehistóricas. Siendo estos carbón, petróleo y gas natural.

Comercio de bonos de carbono. El comercio de bonos de carbono consiste en la compra y venta de certificados de reducción de emisiones (CERs), permisos de emisión, montos asignados anualmente (AAUs), o unidades de reducción de emisiones (ERUs).

Concentración. La cantidad de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia. Por ejemplo, el agua de mar contiene una concentración de sales más alta que el agua dulce.

Conservación. Gestión dirigida a la preservación y uso racional de los recursos naturales, para asegurar el mejor beneficio que tiende al desarrollo sustentable de la sociedad. Es la administración del uso humano de la biosfera de modo que pueda producir los mayores beneficios sustentables para las generaciones actuales y a la vez mantener sus posibilidades de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las futuras. En consecuencia, la conservación es positiva y comprende la preservación, el mantenimiento, la utilización sustentable, la restauración y el mejoramiento del entorno natural.

Contaminación del Medio ambiente. La presencia de sustancias peligrosas en el medio ambiente. Desde el punto de vista de salud pública, la *contaminación del medio ambiente* es tratada cuando puede perjudicar la salud y la calidad de vida de las personas que viven y trabajan cerca de la contaminación.

Contaminante. Cualquier sustancia o material que entra a un sistema (el medio ambiente, el cuerpo humano, la comida, etc.) donde no es encontrado(a) normalmente.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La CMNUCC es el instrumento jurídico internacional en vigor respecto al tema. Este tratado internacional signado por la mayoría de los países fue firmado por

México el 13 de junio de 1992 y fue ratificado el 11 de marzo de 1993. Entró en vigor el 21 de marzo de 1994. México es parte de la Convención como país no Anexo 1.

Costo Social. El costo social de una actividad incluye el valor de todos los recursos usados para su provisión. Algunos de éstos tienen precios y otros no. A los que no tienen precios se les llama “externalidades” (como la contaminación).

Costo-beneficio. Criterio para especificar cuando una tecnología o medida delibera un bien o servicio a igual o menor costo que la práctica que lo produce actualmente.

Deforestación. Despojar un terreno de plantas forestales.

Degradación. Es el proceso en el cual un sistema pasa de un determinado grado de organización y composición a otro más simple y de menor número de componentes. Pérdida de las cualidades de un ecosistema que incide en la evolución natural del mismo, provocando cambios negativos en sus componentes y condiciones como resultado de las actividades humanas. Se distinguen los siguientes tipos: a) Degradación irreversible: Cuando la alteración y/o destrucción del ecosistema y sus componentes, tanto naturales como artificiales, resulta de tal magnitud que parte o la totalidad del ambiente afectado no puede restaurarse. b) Degradación corregible: Cuando la alteración y/o destrucción parcial del ecosistema y sus componentes, tanto naturales como artificiales, resulta de tal magnitud que parte o la totalidad del ambiente puede restaurarse y recuperarse con procedimientos y/o tecnologías adecuadas. c) Degradación incipiente: Cuando la alteración y/o destrucción parcial del ecosistema y sus componentes, tanto naturales como artificiales, resulta de tal magnitud que parte o la totalidad del ambiente puede recuperarse sin la intervención de procedimientos o tecnología especiales.

Deterioro Ambiental. Refiérase al deterioro de uno o varios de los componentes del medio ambiente (por ejemplo, el aire, el suelo, el agua, etc.), situación la cual afecta en forma negativa a los organismos vivientes.

Ecosistema. Comunidades de plantas, animales o microorganismos y su medio ambiente interactuando como una unidad funcional.

Efecto Invernadero. Fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, reteniendo parte de la energía proveniente del Sol.

Emisiones Antropogénicas. Emisiones de gases de efecto invernadero, precursores de gases de efecto invernadero y aerosoles, asociados con actividades humanas. Esto incluye la quema de combustibles fósiles para obtener energía, la deforestación y el uso de suelo.

Emisiones. En el contexto de cambio climático, emisiones se refiere a la liberación de gases de efecto invernadero, sus precursores y aerosoles hacia la atmósfera en un área específica por un periodo de tiempo.

Erosión. El proceso de remover y transportar tierra y rocas causado por el clima.

Evapotranspiración. Conjunto de evaporación y transpiración, siendo esta última la evaporación debido a la acción biológica de los vegetales. Proceso combinado de evaporación de la superficie terrestre y transpiración de la vegetación.

Externalidades. Subproductos de actividades que afectan el bienestar de la gente o el ambiente, donde esos impactos no son reflejados en el mercado de precios. Los costos o beneficios asociados con externalidades no entran en los esquemas de costos.

Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas

longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero. En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H₂O), bióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Hay además en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero (GEI) creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, el N₂O y el CH₄, el Protocolo de Kyoto establece normas respecto de otros gases de invernadero, a saber, el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM). Definido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, el Mecanismo de Desarrollo Limpio tiene dos objetivos: (1) asistir a los países no incluidos en el Anexo I a lograr un desarrollo sustentable (2) asistir a los países incluidos en el Anexo I a lograr el cumplimiento de sus compromisos de reducción de emisiones.

Mecanismos de Kyoto. Mecanismos económicos basados en principios de mercado que las Partes en el Protocolo de Kioto pueden utilizar para tratar de reducir los impactos económicos potenciales por los requerimientos para reducir las emisiones de gases de invernadero. Éstos incluyen: La Implementación Conjunta (artículo 6), el Mecanismo de Desarrollo Limpio (artículo 12) y el Comercio de Emisiones (artículo 17).

Mg c ha. Unidad de medida de carbono en el suelo: miligramos de carbono por hectárea.

Mitigación. Intervención humana para reducir los gases de efecto invernadero y sus fuentes.

Mt C. 1 Mt (megatonelada) es igual a un millón de toneladas de carbono.

ONG. Organización No Gubernamental. Asociación no oficial que se subvenciona mediante cuotas o donativos de ciudadanos asociados y cuya actividad se centra fundamentalmente en asuntos de carácter humanitario o ecológico.

Ozono. Estado alotrópico del oxígeno, producido por la electricidad, de cuya acción resulta un gas muy oxidante, de olor fuerte a marisco y de color azul en estado líquido.

Países del Anexo B. Grupo de países incluidos en el Anexo B dentro del Protocolo de Kyoto que han acordado enfrentar sus emisiones de gases de invernadero, incluyendo todos los países del Anexo I (como se estableció en 1998) sin incluir a Turquía y Bielorrusia.

Países del Anexo I. Grupo de países incluidos en el Anexo I (como se estableció en 1998) al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyendo a todos los países desarrollados de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos y las Economías en Transición. Dentro de los artículos 4.2 (a) y 4.2 (b) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, los países incluidos en el Anexo I se comprometen específicamente a reducir individual o conjuntamente el nivel de gases de efecto invernadero al nivel que tenían en 1990.

Países del Anexo II. Grupo de países incluidos en el Anexo II de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático incluyendo todos los países desarrollados dentro de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, dentro del Artículo 4.2 (g) de la Convención. Se espera que estos países provean de recursos financieros para asistir a países en desarrollo a cumplir con sus obligaciones, tales como preparar las respectivas comunicaciones nacionales. También se espera que Los Países del Anexo II promuevan la transferencia de tecnologías a países en desarrollo.

Países no incluidos en el Anexo B. Países que no están incluidos en el Anexo B del Protocolo de Kyoto.

Países no incluidos en el Anexo I. Países que han ratificado o accedido a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático que no están incluidas en el Anexo I de la Convención.

Permiso de Emisión. Títulos no transferibles o intercambiables otorgados por el gobierno a empresas individuales, que les permiten emitir una cantidad específica de alguna sustancia.

Ppm Partes por millón (ppm), es la unidad empleada usualmente para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades (traza) en una mezcla. Generalmente suele referirse a porcentajes en peso en el caso de sólidos y en volumen en el caso de gases. También se puede definir como “la cantidad de materia contenida en una parte sobre un total de un millón de partes”.

Principales países emisores de GEI. Los países desarrollados son los principales emisores de gases de efecto invernadero, con alrededor el 55% de las emisiones totales. En particular, los Estados Unidos de América representan casi el 20% de las emisiones en el mundo. México aparece en Latinoamérica como el principal emisor de bióxido de carbono, con emisiones netas de 444.5 millones de toneladas métricas en el año base de 1990 (INE, 1995), lo que equivale al 2% de las emisiones globales.

Protocolo de Kyoto. El PK de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es una adhesión acordada por los países, para adoptar medidas y establecer compromisos más ambiciosos entorno a lo ya establecido sobre cambio climático y las acciones para reducir el calentamiento atmosférico. Entró en vigor el pasado 15 de febrero de 2005.

Protocolo de Montreal. El Protocolo de Montreal fue aprobado en 1987 y contempla las sustancias que destruyen la capa de ozono. Ha sido modificado en diferentes ocasiones (Londres 1990, Copenhague 1992, Viena 1995, Montreal 1997 y Beijing 1999) El protocolo controla el consumo y la producción de sustancias químicas con contenido de cloro y bromo que destruyen el ozono estratosférico.

Radiación Solar. Radiación emitida por el Sol. Se le llama también radiación de onda corta. La radiación solar tiene una gama de longitudes de onda ("espectro") distintiva, determinada por la temperatura del Sol.

Radiación Ultravioleta. Radiación solar de onda larga con alcance de 280-320 NM, la mayor parte es absorbida por el ozono estratosférico. La radiación ultravioleta aumentada suprime el sistema inmune y puede tener otros efectos negativos en organismos vivos.

RCDE. Régimen para el comercio de derechos de emisión

RE. Reducciones de emisiones

Reforestación. Repoblar un terreno con plantas forestales.

Reservorio. Componente del sistema climático (no siendo la atmósfera) capaz de guardar y acumular sustancias.

Resiliencia (Ecosistema). Uno de los principales objetivos del análisis ecosistémico es la predicción de respuestas del sistema al manejo, a la contaminación y a otras formas de disturbio, basado en la interacción de las partes componentes del sistema. En función del tipo de respuesta del sistema a un disturbio externo, se manejan tres términos generales: resiliencia, resistencia y estabilidad. La resiliencia presenta tres propiedades básicas: a) la cantidad de cambio que el sistema puede soportar (e implícitamente, por lo tanto, la cantidad de fuerza extrínseca que el sistema puede sostener) y aún permanecer en el mismo dominio (es decir retener el mismo control sobre las funciones y la estructura). b) el grado al cual el sistema es capaz de auto-organizarse (versus falta de organización u organización forzada por factores externos). c) el grado al cual el sistema puede construir su capacidad de aprender y adaptarse.

Resiliencia Ecológica. Cantidad de cambio que un sistema puede soportar y aún mantener el mismo estado o dominio de atracción, ser capaz de auto-organizarse y poder adaptarse a las condiciones cambiantes

Revolución Industrial. Período de rápido crecimiento industrial y de profundas consecuencias sociales y económicas. Comenzó en Inglaterra durante la segunda mitad del siglo XVIII y se extendió al resto de Europa y más tarde a otros países. La invención de la máquina de vapor fue un factor importante que desencadenó estos cambios. La Revolución Industrial marcó el comienzo de un período de fuerte aumento de utilización de combustibles de origen fósil y de las emisiones, en particular de dióxido de carbono de origen fósil.

Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y recursos naturales

Servicios ambientales. Aquellos beneficios que obtiene la sociedad como efecto de la existencia o de los procesos naturales de la diversidad biológica (absorción de carbono, protección de cuencas, actividades recreacionales, ecoturismo, etc.). Y actualmente se encuentran amenazados por la destrucción y degradación de la naturaleza.

Stock de capital natural. Acervo de recursos naturales. Este concepto descansa sobre una conocida definición funcional de capital que lo asemeja a un stock que, a su vez, genera un flujo de bienes y servicios. Así, el capital natural puede definirse como “el medio de producción no producido que genera un flujo de recursos y servicios naturales”.

tCO₂. Toneladas de bióxido de carbono.

- BIBLIOGRAFÍA -

Libros:

- BARBERÁ de la Torre, Rafael Antonio. (2003). *La Moderna Economía del Crecimiento*. Editorial Síntesis. España. Pág.96-98
- BASURTO, Daniel (2005). *El Cambio Climático y la legislación Mexicana*. Entorno Ecológico.
- BORRAYO, López R. (2002). *Sustentabilidad y Desarrollo Económico*. Diversidad Nacional Autónoma de México. Editorial McGraw-Hill. Primera Edición.
- BRETT, Orlando; BALDOCK, David. (2003). Programa de Conservación de Bosques de UICN. *Medios de Vida y Paisajes*. Revista: Carbono, Bosques y Gente. Publicado por UICN, Serie N°1. Gland, Suiza y Cambridge.
- CERVANTES, Enrique (1995). *La Ciudad de México*. Ed. Autor.
- CONSTITUCIÓN Política de los Estados Unidos Mexicanos, Capítulo I de las Garantías Individuales.
- CONVIELLO, F. Manlio (2003). *Entorno Internacional y Oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de América Latina y el Caribe*. Edit. CEPAL División de Recursos Naturales e Infraestructura, Santiago de Chile.
- GARCÍA, Colin Leopoldo y BAUER Ephrussi Mariano (1996). *Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable (el caso de México)*. UNAM

Programa Universitario de Energía. El Colegio Nacional de México, México.

- HERGT, Thomas (2002). *Asesoría sobre consideraciones geohidrológicas de la relación bosques*. Libro electrónico. Publicado por el INE.
- JARDON, U. Juan J. (1995). *Energía y Medio Ambiente una perspectiva económica y social*. Edit. UNAM, México.
- JUÁREZ, Neri V. (2003). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona.
- KRUTILLA, Kerry and Reuveny, Rafael. (2004). *A Renewable Resource-based Ramsey Model with Costly Resource Extraction*. Publishers Kluwer Academic. USA. Printed in the Netherlands
- LEFT, Enrique. EZCURRA, Exequiel (2002). *La transición hacia el desarrollo sustentable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Autónoma Metropolitana. ONU. PNUMA. Impreso en México
- LUGO, H. J. SALINAS, M. A. (1996). *Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la ciudad de México) y su relación con los peligros naturales*. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 13, N°. 2. pp. 240-251.
- MAGAÑA Víctor O. GAY García Carlos (2002). *Vulnerabilidad y adaptación Regional ante el Cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos*. Estudio realizado por el INE por investigadores del Centro de Ciencias Atmosféricas de la UNAM.

-
- MALDONADO G. Pedro, PALMA B. Rodrigo (2004). *Serie de Recursos Naturales e infraestructura, seguridad y calidad del abastecimiento eléctrico a más de 10 años de la reforma de la industria eléctrica en países de América del Sur*. Publicado por la CEPAL.
 - MOCROSOFT, Encarta (2006). *Vegetación y Bosques*.
 - PRINCHETT, William L. (1986). *Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento*. Editorial Limusa.
 - QUINTERO, Soto María Luisa (2004). *Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Reflexiones en torno a su problemática*. UNAM. FES Aragón
 - SALA-I-MARTIN Xavier. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Editorial Antoni Bosh. Segunda Edición. Pág. 97-98
 - VARGAS, Márquez. Fernando. *Seguimiento y evaluación de Proyectos Forestales*. Estudio FAO Montes. ONU. Servicio de Políticas Públicas y Planificación. Departamento de Montes. Áreas protegidas de México con decretos estatales Vol. 1 Semarnat.
 - VARIAN, R. Hal (1992). *Análisis Macroeconómico*. Editorial Antoni Bosch. Tercera Edición.
 - VELA, Correa (2004). *Informe final del Proyecto Núm. 06. "Propiedades edáficas y calidad de sitio de áreas reforestadas en la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal"*. UAM Xochimilco, Gobierno de la Ciudad de México, Secretaria del Medio Ambiente, Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental. México.

Páginas Web.

- ADN MUNDO (2006). *México ingresa al mercado de bonos de carbono de emisión de gases contaminantes*. Obtenido el día 25 de agosto de 2006, de <http://www.adnmundo.com>
- Asociación *Grupo Ambientalista Sierra de Guadalupe*. Obtenido el 1 de abril de 2007 de, www.sierraguadalupe.org
- Asociación *Greenpeace México*. Bosques y Selvas. Obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.greenpeace.org/mexico>
- ALMIJARA, ONG. *“Málaga reforesta”*. Obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.malagareforesta.org>
- AZEL, Paula. *Eco securities (n.d.). Mercado de Carbono Negociaciones, Precios y Perspectivas*. Obtenido el día 16 de Agosto de 2006, de www.ecosecurities.com
- BANOBRAS. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (2007). *El negocio de limpiar el aire, los bonos de carbono*. Obtenido el día 1 de abril de 2007 de, <http://www.banobras.gob.mx>
- CALDERON, Felipe. Presidente (2006-2012). <http://www.felipe.org.mx/>
- Cambio-Climático. *México Genera el 2% de los gases de efecto invernadero*. Obtenido el día 1 de abril de 2007 de, <http://www.cambio-climatico.com/mexico-genera-el-2-mundial-de-los-gases-con-efecto-invernadero>

-
- CARLETTI, E. J. (2006). *Quieren culpar a Tungutska del calentamiento global*. Obtenida el día 31 de julio de 2006, de <http://axxon.com.ar/not/160/c-1600179.htm>
 - Carta apache Jefe Seattle al Presidente de Estados Unidos (1854). usuarios.lycos.es/apache/seattle.htm
 - CCX. Chicago Climate Exchange (2007). *Base de datos*. <http://www.chicagoclimatex.com>
 - Código Administrativo del Estado de México, promulgado en septiembre de 2001 en Toluca Estado de México, obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.edomexico.gob.mx>
 - CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. <http://www.conafor.gob.mx>
 - CORDELIM. Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Ecuador (2004). *Cambio Climático*. <http://www.cordelim.net/cordelim>
 - CORDELIM. Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Ecuador (2005). *Institucionalidad Nacional para el MDL*. Obtenido el día 03 de Junio de 2006, de <http://www.cordelim.net/cordelim>.
 - CORDELIM. Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Ecuador (2005). *Metodologías para la implementación de los mecanismos flexibles de Kyoto*. Obtenido el día 03 de Junio de 2006, de <http://www.cordelim.net/cordelim>.
 - CORENA. Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, obtenido el 1 de abril de 2007 de, <http://www.sma.df.gob.mx/corenader/>

-
- COFERMIR. Comisión Federal de Mejoras Regulatorias, Formulario MIR pre Moratoria para el anteproyecto: Proyecto de norma Oficial Mexicana NOM-041- ECOL- obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.cofemermir.gob.mx>
 - CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental. *La CCA identifica más de 5 millones de toneladas de posibles reducciones de carbono en México.* Obtenida el día 18 de Agosto de 2006, de <http://www.cec.org/news/details>
 - CONABIO. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/>
 - CORBO, Camargo Fernando (2004). *Introducción a la investigación. Cambios Climáticos en el último siglo.* Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de www.geociencias.unam.mx
 - CRESPO Flores, Rafael (2006). *Políticas Públicas, Gobierno local y conflictos socio ambientales.* Oxford Brookes University. Obtenido el día 21 de marzo de 2006, de <http://www.rlc.fao.org/foro/media/Sesion.pdf>
 - CRITERIO Cinco (2005). *Mantenimiento de la contribución de los bosques al ciclo global de carbono.* Obtenido el día 02 de noviembre de 2006, de <http://www.mpci.org/rep-pub/2003/2003mexicocriterion05.pdf>
 - FAO. *Proyectos Forestales de Fijación de Carbono.* Obtenido el día 17 de agosto de 2006, de <http://www.fao.org/>
 - FERRETE Sarria C. (2005). *Ecología, Economía y Ética. La Problematicidad del Desarrollo Sostenible.* Obtenido el día 10 de octubre de 2006, de <http://www.uv.es/adrfp/dilema/art5.htm>

-
- GALLARDO, M. A. (2006). *Calentamiento Global. Cambios Climáticos. Problemas Ambientales. Efecto Invernadero, Causas y Discusión*. Obtenida el día 03 de junio de 2006, de <http://www.CambioClimaticoGlobal.com>

 - GALLASTEGUI, Carmen (2003). *Ecología, medio ambiente y mercado*. Obtenida el día 6 de Junio de 2006, de <http://www.Ecologíaymedioambiente.htm>

 - Gobierno de la Ciudad de México, Red de Transporte Público, *Numeralia*, obtenido el día 1 de abril de 2007 de <http://www.rtp.gob.mx/numeralia.htm>

 - Gobierno del Estado de México, Ley de Parques Estatales y Municipales. Publicada el 29 de mayo de 1976, en Toluca Estado de México, obtenido el 1 de abril de 2007 de <http://www.edomexico.gob.mx>

 - Gobierno del Estado de México, Secretaria de Ecología, www.edomex.gob.mx.

 - Gobierno del Estado de México, Secretaria del Agua y Obra Pública, Comisión del agua del Estado de México, "*Atlas de Inundaciones No. 12*". Obtenido el día 03 de diciembre de 2006 de, <http://www.edomex.gob.mx/caem/caem.htm>

 - GONZÁLEZ, Guillen, M. J. *Valuación del Programa por Servicios ambientales. Colegio de Posgraduados*. Obtenido el día 8 de Julio de 2006, de www.conafor.gob.mx

 - HERNÁNDEZ, Celis Carlos E. (2006). *Economía Ecológica*. Obtenido el día 1 de diciembre de 2006, de <http://www.cra.gov.co/portal>

-
- INCLÁN, Gallardo U. (2005). *Mercado de bonos de Carbono y sus beneficios potenciales para México*. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de www.semarnat.gob.mx
 - INE. Instituto Nacional de Ecología (2005). *El Cambio Climático y los gases de efecto invernadero*. Obtenido el día 04 de enero de 2007 de, http://cambio_climatico.ine.gob.mx
 - INE. Instituto Nacional de Ecología. *Cambio Climático en México*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de www.ine.gob.mx/
 - INE. Instituto Nacional de Ecología. *Para Comprender el Cambio Climático Guía Elemental de la Convención Marco de las Naciones Unidas y el Protocolo de Kioto*. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de www.ine.gob.mx/
 - INE. Instituto Nacional de Ecología. *Tercer Informe de Evaluación del IPCC. Cambio Climático 2001: La Base Científica*. Obtenido el día 3 de junio de 2006. www.ine.gob.mx/
 - JARA, Luis Fernando. Profafor (2006). *Cero Carbono*. Obtenido el día 31 de marzo de 2007, de <http://www.profafor.com>
 - JIMÉNEZ, Ferrer G. SOTO Pinto L., BEN de Jong, VARGAS A. *Aprovechamiento agroforestal y servicios ambientales (captura de carbono) en comunidades indígenas de Chiapas, México*. Obtenido el día 05 de octubre de 2006, de <http://www.virtualcentre.org>
 - La Jornada Ecológica (2005). *De la Sierra de Guadalupe y de cómo rescatar sus tesoros*. Obtenido el día 18 de noviembre de 2006, de <http://www.jornada.unam.mx>

-
- LECOCQ, Franck. (2005). Grupo de investigación sobre economía del desarrollo, Banco Mundial. Capoor Karan. *Carbono y financiamiento ambiental*. Internacional Emissions Trading Association. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de <http://carbonfinance.org>

 - LENNTECH (2006). Historia sobre el efecto invernadero y calentamiento global de la tierra. Obtenido el día 05 de agosto de 2006, de <http://www.lenntech.com>

 - LENNTECH (2005). *Carbono –C*. Obtenido el día 15 de Junio de 2006, de <http://www.lenntech.com>

 - LEONI, R. Ricardo (2006). *La Economía y La Ecología*. Obtenido el día 30 de diciembre de 2006 de, <http://faraday.us.es>

 - MAGAÑA, Lemus D. (2006). El Economista. *México, en el mercado de bonos de carbono agro-negocios. Valores y Dinero*. <http://laplaza.economista.com>

 - MAGAÑA, Lemus D. (2006). El Economista. *México en el mercado de bonos de carbono*. Obtenido el día 22 de diciembre de 2006, de <http://laplaza.economista.com.mx>

 - ONU. Organización de las Naciones Unidas Centro de Información. *Desarrollo Sostenible*. Obtenido el día 10 de junio de 2006, de <http://www.cinu.org.mx/>

 - NOTICIAS sobre Ciencia y tecnología. Obtenido el día 3 de Enero de 2007 de, <http://www.cienciapopular.com>

 - ORDOÑEZ, Díaz José A. (1999). *Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*. Instituto Nacional de

Ecología-SEMARNAP. Primera edición: junio de 1999. Consulta en la página en Internet: www.ine.gob.mx

- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2006). *Estudio del Área Metropolitana de la Ciudad de México*. Obtenida el día 15 de junio de 2006, de www.oecd.org/
- PADILLA Rosa, Emilio. *Revisión crítica de las limitaciones y sesgos del análisis económico convencional de las políticas de cambio climático*. Hacia un análisis coherente con el desarrollo sostenible. Obtenido el día 08 de abril de 2007 de, www.ecap.uab.es
- PITA, Antonio (2003). *La Trampa de los sumideros*. Agencia de Información Solidaria (AIS). España. Obtenido el día 09 de Julio de 2006, de <http://www.lainsignia.org/>
- PLANETA Azul. Comentarios vertidos en el Foro “México y Centroamérica con grandes potenciales para desarrollar el mercado de carbono”, publicado el 29 de marzo de 2007, en el periódico ambiental planeta azul. Obtenido el 1 de abril de 2007 de, www.planetaazul.com.mx
- Programa de Adopción de Áreas Verdes Públicas del Distrito Federal, Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, Dirección General de Servicios Urbanos, Delegaciones Políticas, consultado en <http://www.imjuventud.gob.mx>
- RAMIREZ, Bertha Teresa (2006). *El DF, a salvo de inundaciones catastróficas: director de Aguas*, La Jornada, Obtenido el día 08 de julio de 2006 de, <http://www.jornada.unam.mx>

-
- RUIZ, C. El porvenir Económico (n.d.). *Venderán Empresas Mexicanas Certificadas de no contaminantes*. Obtenido el día Domingo, 5 de noviembre de 2006, de <http://www.elporvenir.com.mx/>
 - Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina. *Mercado de Carbono*. Obtenido el día 05 de Agosto de 2006, de <http://www.medioambiente.gov.ar/>
 - Secretaría de Obras y Servicios. Principales Logros y Avances en obra pública alcanzados por el Gobierno del Distrito Federal. Obtenido el día 3 de noviembre de 2006, de <http://www.obras.df.gob.mx/sos/informes>
 - SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Mecanismo de Desarrollo Limpio*. Obtenido el día 15 de Junio de 2006, de <http://www.semarnat.gob.mx> SMA.
 - SIMÓN, Fernández X. (2006). *Economía Ecológica y Agroecología*. Obtenido el día 1 de diciembre de 2006, de <http://www.pronaf.gov.br>
 - SMA. Secretaría de Medio Ambiente. Dirección General de bosques Urbanos <http://www.sma.df.gob.mx>
 - STPS. Secretaría del Trabajo y Previsión Social <http://www.stps.gob.mx>
 - TECNUN. Tecnológico de la Universidad de Navarra (2005). Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. *Ciclo del Carbono*. Obtenido el día 15 de Junio de 2006, de <http://www.tecnun.es>
 - TORRES, Rojo J. M. Guevara Sanginés A. (2003). *El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico*. Obtenido el día 5 de noviembre de 2006, de <http://www.ine.gob.mx/>

-
- UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change COP-2 (1996). *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Segundo Período de Sesiones, celebrado en Ginebra en julio de 1996*. Obtenido el día 06 de Junio de 2006, de <http://unfccc.int/>

 - UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change COP-3 (1996). *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su Tercer Período de Sesiones, celebrado en Kyoto del 1º al 11 de diciembre de 1997. Medidas adoptadas por la conferencia de las partes en su tercer período de sesiones*. Obtenido el día 06 de Junio de 2006, de <http://unfccc.int/>

 - UCM. Universidad Complutense de Madrid (n.d.). *Cambio Climático, desarrollo y cooperación internacional*. Obtenido el día 17 de Agosto de 2006, de <http://www.ucm.es/info/>

 - VAN Der, Frederick (n.d.). *La macroeconomía del crecimiento: una perspectiva internacional*. FEE, University of Amsterdam and Tinbergen Institutel. Obtenido el día 08 de abril de 2007 de, <http://www.economia.unam.mx/biblioteca>

 - VELA Correa, Gilberto. (2006). *Flores Roman, David. Composición mineralógica de la fracción arcillosa de los suelos de la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal*. Universidad Autónoma Metropolitana–Xochimilco. Obtenido el día 15 de diciembre de 2006 de, http://smm.iim.umich.mx/25_Vela_arcillas.pdf

 - VIADAS, Eduardo (2007). *Aterriza el mercado de carbono en México, publicado el 30 de marzo, en el periódico ambiental planeta azul*. Obtenido el 1 de abril de 2007 de, www.planetaazul.com.mx

-
- WIKIPEDIA, Enciclopedia Libre (2006). *Ciclo del Carbono*.
http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono

 - WIKIPEDIA. Enciclopedia Libre. (2006). *Calentamiento Global*. Obtenida el día 5 de agosto de 2006, de
http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global

 - WRM. Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (2000). *Uganda: sumidero de carbono*. Obtenido el día 17 de Junio de 2006, de
<http://www.wrm.org.uy/>

 - WWF/Adena (n.d.). *Protocolo de Kyoto*. Obtenido el día 03 de Junio de 2006, de <http://www.wwf.es/protocolo%20kioto.pdf>.

 - YÁNEZ, Sandoval A. INE (2005). *La Captura de Carbono en Bosques: ¿una estrategia de gestión ambiental?* Obtenido el día 04 de diciembre de 2006 de, <http://www.ine.gob.mx>