



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA EMISIÓN  
DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO  
INVERNADERO EN ALGUNOS EMBALSES  
DE PRESAS DE MÉXICO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**INGENIERÍA CIVIL - GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE  
LA CONSTRUCCIÓN**

**PRESENTA:**

**JERÓNIMO FRANCO GONZÁLEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. CARLOS M. CHÁVARRI MALDONADO**

**MÉXICO D.F.**

**2010**





## **JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. Díaz Díaz Salvador  
Secretario: M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio  
Vocal: Ing. Chávarri Maldonado Carlos Manuel  
1er. Suplente: Ing. Mendoza Sánchez Ernesto René  
2do. Suplente: Ing. Zárate Rocha Luis

Lugares donde se realizó la tesis:

Comisión Nacional del Agua

Facultad de Ingeniería

## **TUTOR DE TESIS:**

Ing. Carlos M. Chávarri Maldonado

FIRMA



# ***AGRADECIMIENTOS***

A mi mamá

Que con todo su amor y cariño  
sufrió y padeció a mi lado  
el camino que he recorrido  
Gracias.

A mi papá

Que se comparte conmigo  
este momento que no pudo  
ver, gracias por tu cariño.

A mi Hermano y Hermana

Que nunca dejaron de creer en mí  
y siempre podía contar con ellos.  
Gracias.



A mis Amigos

Que comparten conmigo este  
momento tan importante en mi vida.  
Gracias.

A los Ingenieros:

Arturo Cruz Ojeda  
Fernando Aguilar  
Carlos Chávarri Maldonado  
Por sus apoyo, comentarios y asesorías  
para la realización de este trabajo.  
Pero sobre todo por su amistad  
Gracias.

A CONACYT:

Por el apoyo brindado para la  
realización de mis estudios de maestría.  
Gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por darme la oportunidad  
de pertenecer a ella.  
Gracias



# ÍNDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	8
<i>I. LAS PRESAS EN MÉXICO</i>	10
I.1 DISTRIBUCIÓN DE PRESAS EN MÉXICO	13
I.2 TIPOS DE PRESAS	16
I.2.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL USO	16
I.2.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU PROYECTO HIDRÁULICO	17
I.2.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS MATERIALES	18
I.3 OBJETO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS	20
<i>II CAMBIO CLIMÁTICO</i>	26
II.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO	26
II.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	29
II.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A NIVEL MUNDIAL	32
II.3.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN MÉXICO	35
II.4 PROTOCOLO DE KIOTO	35



<i>III BONOS DE CARBONO</i>	42
III.1 MERCADO DE BONOS DE CARBONO	45
III.1.1 EUROPEAN CLIMATE EXCHANGE	48
III.1.2 POINT CARBON	49
III.2 PRECIO DE LOS BONOS DE CARBONO	49
III.3 FONDO MEXICANO DE CARBONO	50
III.4 EJEMPLOS DE BONOS DE CARBONO EN MÉXICO	53
<i>IV EMISIÓN DE GEI EN EMBALSES DE PRESAS</i>	56
IV.1 PRINCIPALES FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE GEI	58
IV.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE GEI EN EMBALSES	61
IV.3 PRESAS EN ESTUDIO	62
IV.3.1 PRESA PASO DE VAQUEROS	64
IV.3.2 PRESA SITURIACHI	65
IV.3.3 PRESA EL GALLO	66
IV.3.4 PRESA EL TIGRE	67
IV.3.5 PRESA LAS BLANCAS	68
IV.4 DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LAS PRESAS EN ESTUDIO	69
IV.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA EMISIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LAS PRESAS EN ESTUDIO	71
IV.6 OPCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI EN EMBALSES DE PRESAS	72



<i>CONCLUSIONES</i>	73
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	77
<i>ANEXO A</i>	79



# ***INTRODUCCIÓN***

Desde ya hace algún tiempo, el fenómeno conocido como “*efecto invernadero*” se ha convertido en el gran protagonista de la problemática internacional que contempla la contaminación del medio ambiente.

Este efecto se origina por la absorción en la atmósfera terrestre de las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie impidiendo que escapen al espacio exterior y aumentando así la temperatura media del planeta.

La intensificación del efecto invernadero en las últimas décadas, como consecuencia de los niveles más elevados de gases de efecto invernadero asociados a las actividades industriales y agrícolas que viene realizando el hombre, así como también la deforestación; han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono (principal responsable del efecto invernadero). Es así como la temperatura global se está incrementando sensiblemente con las considerables implicaciones negativas que este calentamiento pueda tener para la humanidad y el entorno.

En la actualidad hay una creciente preocupación mundial por la emisión de gases de efecto invernadero, que está alterando el clima natural de la tierra, dentro de este contexto, estudios recientes muestran que en los embalses de presas se registran significativas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y que por tanto deben ser considerados dentro de los inventarios de emisiones antropogénicas, ya que estas emisiones representan entre el 1 y el 28 por ciento de las emisiones globales.



En esta investigación, se explica cómo es que ocurre la emisión de GEI, particularmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>), en embalses. Se revisan y analizan los principales factores que inciden en tales emisiones en embalses de presas, y se aplican los índices de emisión de estos gases, obtenidos en otros países para estimar de forma global la cantidad de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, que están emitiendo los embalses de presas mexicanas y mediante el precio de los bonos de carbono en el mercado mundial se calcula el valor económico de dichas emisiones. Así mismo se proporciona una metodología para llevar a cabo el monitoreo y la cuantificación de GEI en presas que ha sido utilizada en países, donde llevan varios años estudiando este tema.

También se consideran, de forma muy breve, dentro de esta investigación las principales características, causas y efectos del cambio climático y los acuerdos internacionales que han surgido para mitigar los efectos del mismo.

En México, apenas comienzan los estudios sobre la emisión de GEI en embalses de presas, no obstante a nivel internacional, se indica que la emisión de GEI, depende de varios factores principalmente de: la presencia de materia orgánica que ingresa al agua y que está constituida particularmente de vegetación, basuras, sedimentos y otras fuentes de contaminación. La temperatura acelera la emisión de GEI y la edad del embalse y el área de inundación influyen en la generación de estos gases. Los mismos estudios han demostrado que los embalses en zonas tropicales son los que mayor cantidad de GEI emiten, siendo mayor dentro de los primeros 10 años y disminuyen conforme avanza la edad del embalse, pero la emisión también está en función de la aportación de carbono durante su operación y de la profundidad del embalse, ya que los menos profundos son los que emiten mayor cantidad de GEI debido a que presentan temperaturas mayores que los embalses más profundos.

En México, han sido pocos los proyectos que se consideren de Desarrollo de Mecanismo Limpio, esto es, que reduzcan o mitiguen la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y dado que esta es la única opción para países como México, de obtener ingresos económicos mediante la venta de bonos de carbono, se debe empezar a desarrollar este tipo de proyectos que benefician a todos los involucrados en ellos.



# ***I. LAS PRESAS EN MÉXICO***

A través de la historia de México, desde nuestro pasado prehispánico, hasta nuestros días, se ha visto al agua como base para el sustento y la supervivencia, sin importar la situación económica ni social. Por lo tanto, siempre se ha tenido la necesidad de aprovecharla y convertirla en sustento de la vida doméstica y productiva. Para ello se ha requerido de la construcción de obras y su consecuente mantenimiento, para regular el flujo e impedir su acción devastadora. <sup>(13)</sup>

Entre los siglos XVII y XIX, se construyeron varias presas, casi todas ellas de mampostería, en el territorio de los actuales estados de Aguascalientes, Guanajuato, Estado de México y Querétaro. Entre las más importantes obras de almacenamiento con propósitos de riego se puede mencionar a las de Saucillo (1730), San Blas (1755), Natillas Segundo (1760) y Pabellón (1770) en Aguascalientes; El Aguacate (1772) y Loza de los Padres (1802) en Guanajuato; así como las de Huapango (1780) y Nadó (1800) en el Estado de México. <sup>(13)</sup>

Hacia 1926 se inicia en nuestro país la construcción de presas en gran escala. La estrategia hidráulica se vio favorecida con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI), como respuesta a la urgente necesidad de resolver la problemática alimenticia, propia de un pueblo que había sufrido varias guerras internas y necesitaba consolidar el reparto agrario con apoyo en las obras de riego. <sup>(13)</sup>

En 1926 México era uno de los últimos países en materia de riego. En 1960, era el undécimo. Para 1988, con una superficie bajo riego del orden de seis millones de hectáreas, México ocupaba el sexto lugar entre 80 países registrados en la Comisión Internacional de Riego y Drenaje. <sup>(13)</sup>

Hoy en día, México tiene una superficie aproximada de dos millones de kilómetros cuadrados y más de 100 millones de habitantes. Pero sucede que la



ubicación de la población y de las actividades económicas se relacionan de manera inversa con la distribución de la disponibilidad del agua. <sup>(13)</sup>

México es un país de grandes contrastes y carencias respecto al agua. La distribución del recurso es muy variable regionalmente, y se encuentra íntimamente ligada a la satisfacción de las necesidades sociales más básicas, puesto que la disponibilidad de agua en cantidad y calidad es una condición necesaria para hacer viable el desarrollo social, económico y ambiental de nuestro país. <sup>(13)</sup>

Dividiendo territorio nacional en cuatro zonas homogéneas en cuanto a la distribución y aprovechamiento de del líquido, es posible establecer la problemática de cada región y comprender la tendencia histórica del desarrollo de las obras hidráulicas del país. <sup>(13)</sup>

En la zona norte, la de mayor escasez, se está utilizando prácticamente toda el agua superficial disponible y una buena parte de los recursos subterráneos de agua renovable. Esto ha generado la necesidad de encontrar políticas óptimas de operación de las presas, para utilizar al máximo los recursos hidráulicos de la región. <sup>(13)</sup>

En la vertiente del Océano Pacífico, en las porciones norte y centro de México se tienen mayores recursos hidráulicos que en la zona norte, pero se concentran principalmente hacia el sur, mientras que los mejores suelos, aptos para la agricultura y, en consecuencia los principales desarrollos urbanos y las actividades económicas, están en la parte norte, donde se localiza la zona agrícola más importante del país. La orientación de la infraestructura hidrológica de esta área se ha encaminado a equilibrar la situación mediante obras de transferencia de agua entre cuencas. <sup>(13)</sup>

La zona centro de México, se caracteriza por la mayor concentración de áreas urbanas, de plantas industriales y también de áreas de cultivo, debido a la cercanía de los centros de consumo. La disponibilidad de agua es mayor que en las zonas anteriores, ocasionado principalmente porque en ella se localizan dos cuencas de gran importancia (Balsas y Lerma), pero el uso del líquido es también más considerable. En este sentido, ha sido necesario desarrollar la infraestructura hidráulica para todos los usos posibles (riego, agua potable, generación de electricidad, control de avenidas, acuacultura, recreación e industria). <sup>(13)</sup>

El contraste más importante entre la disponibilidad de recursos hidráulicos y su utilización se presenta en el sur y sureste del país, tanto en la vertiente del Golfo de México como en la del Océano Pacífico ya que si bien se localizan las corrientes más importantes y caudalosas, en las cuencas de los ríos Usumacinta, Grijalva y Papaloapan, la topografía accidentada, el clima extremadamente

cálido, la vegetación y el suelo, han restringido la ocupación poblacional de esa parte del territorio y el desarrollo de actividades agrícolas o industriales. Por esta razón, las obras hidráulicas han sido construidas, principalmente, para la generación de energía eléctrica y el control de las avenidas, ya que el exceso y la variación estacional del escurrimiento resultan, en este caso, una limitante para el desarrollo. Las presas más importantes de la nación, en cuanto a su tamaño y capacidad de almacenamiento, se han desarrollado en esta zona, principalmente en los ríos Grijalva y Papaloapan. <sup>(13)</sup>

En términos generales, se puede dividir al país en dos grandes zonas: la zona norte, centro y noroeste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 87% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable; y la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se genera el 13% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable. <sup>(4)</sup>

La siguiente figura ilustra la disparidad entre esas dos zonas en cuanto a su disponibilidad media de agua, distribución poblacional y participación en el Producto Interno Bruto.



Figura 1.1 Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua

México es un país donde no existe coincidencia entre la oferta de recursos hidráulicos y la demanda. En efecto, mientras en una extensa zona el exceso de agua es una amenaza constante, en el resto del territorio la escasez de ese



líquido es un continuo freno al progreso, pues las lluvias ocurren en cortos períodos de tres a cinco meses y no se presentan en el resto del año. Esta situación hace posible decir, sin temor a exagerar, que sin presas que regulen los escurrimientos naturales, no habría progreso en México.

Las presas en México han sido proyectadas y construidas, en su mayoría, por dependencias del Gobierno; sin embargo, existe un número importante de obras hechas por particulares.

Las presas en México, en general, se destinan a usos múltiples y la mayoría tienen por finalidad el riego para el desarrollo de la agricultura, indispensable para afrontar el problema que plantea el crecimiento demográfico que registra actualmente el país. También el desarrollo hidroeléctrico ha dado origen, en los últimos años, a que se construyan grandes presas en los ríos que potencialmente presentan ventajas para este aprovechamiento.

Dadas las cambiantes condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas en el país, las soluciones que se han adoptado para almacenar o derivar ríos son muy diversas.

## **I.1 DISTRIBUCIÓN DE PRESAS EN MÉXICO**

México es un país de gran tradición hidráulica, desde los inicios de la Comisión Nacional de Irrigación hasta nuestros días, se han construido grandes obras de infraestructura hidráulica.<sup>(4)</sup>

Existen alrededor de 4 mil presas en México, de las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés). La capacidad de almacenamiento de las presas del país es de 150 mil millones de m<sup>3</sup>.<sup>(4)</sup>

De acuerdo a los datos de la Comisión Nacional del Agua, se tienen registradas, 4194 presas en México, distribuidas por entidad federativa como se muestra en la tabla 1.1 y en la gráfica 1.1. Siendo Tamaulipas el estado con mayor cantidad de presas, con 366, seguido de Durango con 316 y Jalisco con 289 presas registradas. El estado que cuenta con el menor número de presas es Tabasco, con solo una presa registrada. Sin incluir a los tres estados de la Península de Yucatán, Campeche, Quintana Roo y Yucatán, que no cuentan con registro alguno de presas construidas en sus territorios.

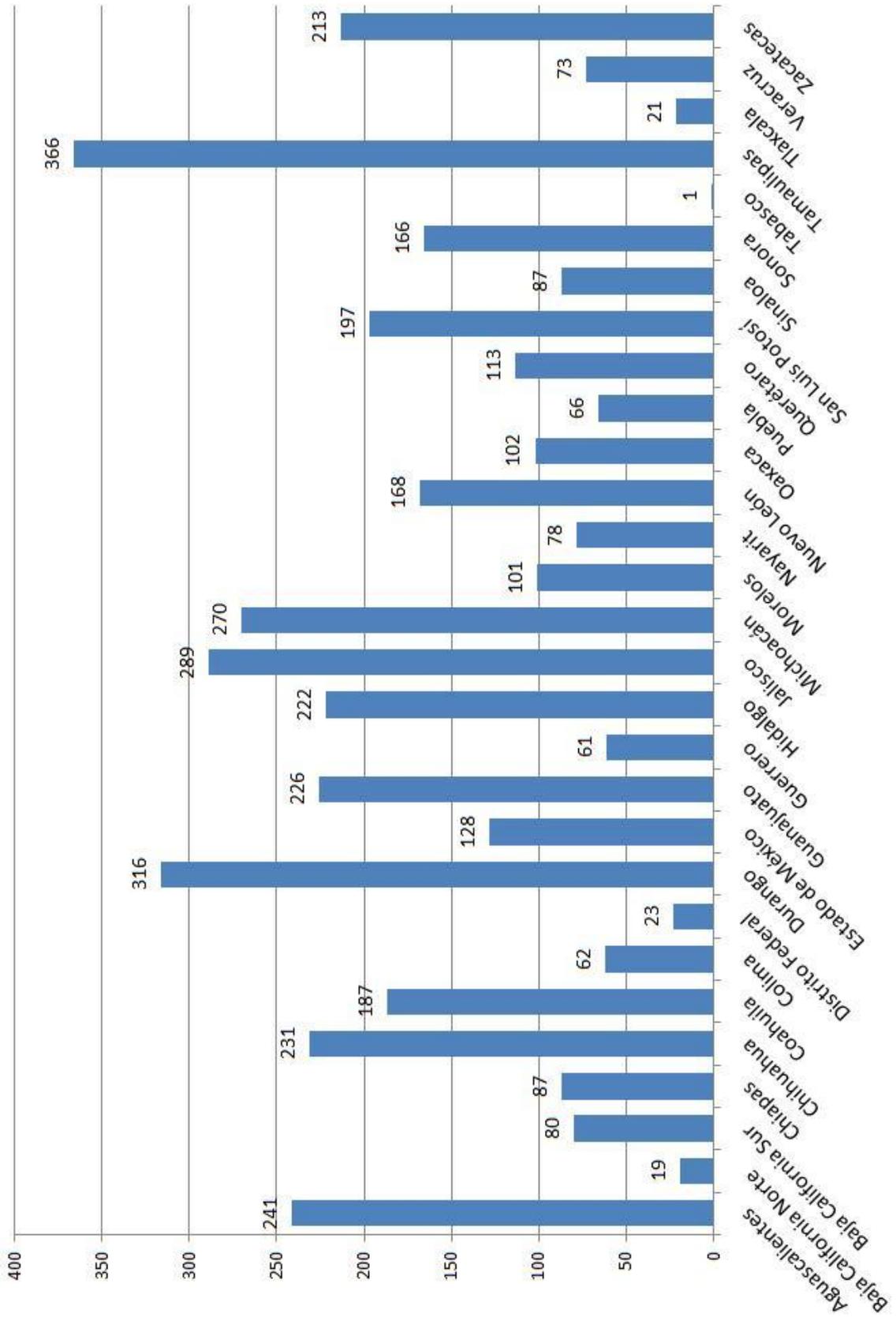


CANTIDAD DE PRESAS POR ENTIDAD FEDERATIVA A JULIO DE 2006	
ENTIDAD FEDERATIVA	CANTIDAD DE PRESAS REGISTRADAS
Aguascalientes	241
Baja California Norte	19
Baja California Sur	80
Chiapas	87
Chihuahua	231
Coahuila	187
Colima	62
Distrito Federal	23
Durango	316
Estado de México	128
Guanajuato	226
Guerrero	61
Hidalgo	222
Jalisco	289
Michoacán	270
Morelos	101
Nayarit	78
Nuevo León	168
Oaxaca	102
Puebla	66
Querétaro	113
San Luis Potosí	197
Sinaloa	87
Sonora	166
Tabasco	1
Tamaulipas	366
Tlaxcala	21
Veracruz	73
Zacatecas	213
Total	4194

Tabla 1.1 Presas por entidad federativa



### Cantidad de presas por entidad federativa



Gráfica 1.1 Presas por entidad federativa



## **I.2 TIPOS DE PRESAS**

Las presas pueden clasificarse en un número de categorías diferentes, pero podemos considerar tres amplias clasificaciones de acuerdo con: el uso, el proyecto hidráulico, o los materiales que forman la estructura. <sup>(22)</sup>

### **I.2.1 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL USO**

Las presas se pueden clasificar en de acuerdo con la función más general que van a desempeñar, como de almacenamiento, de derivación, o regulación. <sup>(22)</sup>

#### **PRESAS DE ALMACENAMIENTO**

Se construyen para embalsar el agua en los periodos de sobra, para utilizarla cuando escasea. Estos periodos pueden ser estacionales, anuales, o más largos. Muchas presas pequeñas almacenan los escurrimientos e primavera para usarse en la estación seca de verano. Las presas de almacenamiento se pueden clasificar de acuerdo con el objeto del almacenamiento, como para abastecimiento de agua, para recreo, para la cría de peces y animales salvajes, para la generación de energía hidroeléctrica, irrigación, entre otras. El objeto específico u objetos en los que se va a utilizar el almacenamiento tienen a menudo influencia en el proyecto de la estructura, y pueden determinar conceptos como el de la magnitud de las fluctuaciones del nivel que pueden esperarse en el vaso y el del volumen de las filtraciones que pueden permitirse. <sup>(22)</sup>

#### **PRESAS DE DERIVACIÓN**

Se construyen ordinariamente para proporcionar la carga necesaria para desviar el agua hacia zanjas, canales u otros sistemas de conducción, al lugar en que se va a usar. Se utilizan en los sistemas de riego, para la derivación de una corriente natural hacia un vaso de almacenamiento fuera del cauce natural de la corriente, para usos municipales e industriales, o para una combinación de los mismos. <sup>(22)</sup>



## **PRESAS REGULADORAS**

Se construyen para retardar el escurrimiento de las avenidas y disminuir el efecto de las ocasionales. Las presas reguladoras se dividen en dos tipos. En uno de ellos, el agua se almacena temporalmente, y se deja salir por una obra de toma con un gasto que no exceda la capacidad del cauce de aguas abajo. En el otro tipo, el agua se almacena tanto tiempo como sea posible y se deja infiltrar en las laderas del valle o por los estratos de grava de la cimentación. A este último tipo se le llama algunas veces de distribución o dique, porque su principal objeto es recargar los acuíferos. Las presas reguladoras también se construyen para detener los sedimentos. A menudo a éstas se les llama presa para arrastres. <sup>(22)</sup>

Aunque no es tan común que se utilicen para varios objetos, existe una combinación de usos relativamente frecuente en la entran el almacenamiento, el control de avenidas y para deportes. <sup>(22)</sup>

### **I.2.2 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU PROYECTO HIDRÁULICO**

Las presas se pueden clasificar también como presas vertedoras o no vertedoras. <sup>(22)</sup>

#### **PRESAS VERTEADORAS**

Las presas vertedoras se proyectan para descargar sobre sus coronas. Deben estar hechas de materiales que no se erosionen con tales descargas. Es necesario emplear concreto, mampostería, acero y madera, excepto en las estructuras vertedoras muy bajas de unos cuantos metros de altura. <sup>(22)</sup>

#### **PRESAS NO VERTEADORAS**

Son las que se proyectan para que no rebase el agua su corona. Este tipo de proyecto permite ampliar la elección de materiales incluyendo las presas de tierra y enrocamiento. <sup>(22)</sup>



### **I.2.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS MATERIALES**

La clasificación más común que se usa en la discusión de los procedimientos de construcción se basa en los materiales que forman la estructura. En esta clasificación también se menciona el tipo básico de proyecto como, por ejemplo, presa de concreto de gravedad, o presa de concreto del tipo arco. <sup>(22)</sup>

#### **PRESAS DE TIERRA**

Las presas de tierra constituyen el tipo de presas más común, principalmente porque en su construcción intervienen materiales en su estado natural que requieren el mínimo tratamiento. Además, los requisitos para sus cimentaciones son menos exigentes que para los otros tipos. Es probable que las presas de tierra continúen prevaleciendo sobre los demás tipos para fines de almacenamiento, parcialmente, debido a que el número de emplazamientos favorables para las estructuras de concreto está disminuyendo como resultado de los numerosos sistemas de almacenamiento de agua que se han emprendido, especialmente en las regiones áridas y semiáridas en las que se la conservación del agua para riego es una necesidad fundamental. <sup>(22)</sup>

Aunque dentro de la clasificación de presas de tierra están comprendidos varios tipos, los adelantos obtenidos en los equipos de excavación, de acarreo y compactación de materiales terrosos, ha hecho el tipo de presas de tierra compactada tan económico que ha reemplazado los tipos de de terraplenes hidráulicos y semihidráulicos. Las presas de tierra compactada se subdividen en presas de un solo material, o de varios, o con diafragmas. <sup>(22)</sup>

Las presas de tierra requieren estructuras complementarias que sirvan de vertedores de demasías. La principal desventaja de una presa de tierra es que, si no tiene suficiente capacidad, el vertedor de demasías puede dañarse y aun destruirse por el efecto erosivo del agua que llegue a rebasarla. También están sujetas a sufrir serios daños y aun a fallar debido a las perforaciones hechas por animales cavadores, a menos de que se tomen precauciones especiales. A menos de que el emplazamiento de la presa quede fuera del cauce de la corriente, se deben tomar medidas para desviar la corriente durante la construcción a través del emplazamiento por medio de un conducto, o alrededor del mismo por medio de un túnel. De otra manera, se deben incorporar en el proyecto medidas especiales que permitan que el agua pase sobre el terraplén durante la construcción. <sup>(22)</sup>



## **PRESAS DE ENROCAMIENTO**

En las presas de enrocamiento se utiliza roca de todos los tamaños para dar estabilidad a una membrana impermeable. La membrana puede ser una capa de material impermeable del lado del talud mojado, una losa de concreto, un recubrimiento de concreto asfáltico, placas de acero, o cualquier otro dispositivos semejante; un puede ser un núcleo interior delgado de tierra impermeable. Como los terraplenes de tierra, los de roca están sujetos a daños y destrucción si los rebasa el agua y, por lo tanto, deben tener un vertedor de demasías de la capacidad adecuada para evitar que esto suceda. Una excepción la constituyen las presas derivadoras extremadamente bajas en las que el enrocamiento está especialmente proyectado para soportar los derrames. Las presas de enrocamiento requieren cimentaciones que no estén sujetas a asentamiento de magnitudes suficientes para romper la membrana impermeable. Las únicas cimentaciones adecuadas, por lo general, son la roca o la arena compactada y grava. <sup>(22)</sup>

El tipo de enrocamiento de adapta a los emplazamientos remotos, donde abunda la roca buena, donde no se encuentra tierra buena para una presa de tierra, y donde la construcción de una presa de concreto resultaría muy costosa. <sup>(22)</sup>

## **PRESAS DE CONCRETO TIPO GRAVEDAD**

Las presas de gravedad, de concreto se adaptan a los lugares en los que se dispone de una cimentación de roca razonablemente sana, aunque las estructuras bajas se pueden establecer sobre cimentaciones aluviales si se construyen los dados adecuados. Se adaptan bien para usarse como cresta vertedora y, debido a esta ventaja, a menudo se usan formando la parte vertedora de las presas de tierra y de enrocamiento o de una presa derivadora. Las presas de gravedad pueden tener planta curva o recta. La planta curva puede proporcionar algunas ventajas en lo que respecta al costo y la seguridad. Además, ocasionalmente, la curvatura hacia aguas arriba puede situar esa parte de la presa en una cimentación más elevada de la roca. <sup>(22)</sup>

## **PRESAS DE CONCRETO DEL TIPO DE ARCO**

Las presas de concreto del tipo de arco se adaptan a los lugares en los que la relación de la distancia entre los arranques del arco a la altura no es grande y



donde la cimentación en estos mismos arranques es roca sólida capaz de resistir el empuje el arco. <sup>(22)</sup>

## **PRESAS DE CONCRETO DEL TIPO DE CONTRAFUERTES**

Las presas del tipo de contrafuertes comprenden las de losas y las de arcos. Requieren aproximadamente 60% menos concreto que las presas macizas de gravedad, pero los aumentos debidos a los moldes y al refuerzo de acero necesario, generalmente contrarrestan las economías en concreto. El proyecto de las presas de contrafuertes se basa en el conocimiento y criterio que se adquiere solamente por la experiencia especializada en este tipo de obras. <sup>(22)</sup>

## **OTROS TIPOS DE PRESAS**

Se han construido presas de otros tipos aparte de los mencionados, pero en la mayor parte de los casos satisfacen requisitos poco usuales o son de naturaleza experimental. En pocos casos, se ha usado acero estructural para la pantalla de aguas arriba y en armaduras de soporte en las presas. En los Estados Unidos, antes de 1920, se construyeron numerosas presas de madera. La cantidad de mano de obra necesaria en la construcción de las presas de madera, combinada con la corta vida de la estructura, hace que este tipo sea antieconómico en al construcción moderna. <sup>(22)</sup>

## **I.3 OBJETO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS**

Un sistema de aprovechamiento hidráulico puede ser pequeño o grande, sencillo o complejo, para un objeto o varios, pero debe constar de las instalaciones necesarias para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos explotados. Los objetivos del proyecto, los propósitos y su magnitud, determinan lo que debe investigarse respecto a las presas. En muchos casos, el proyecto tendrá un objeto doble o múltiple. Por esta razón, las investigaciones pueden abarcar un gran número de materias, de las cuales, algunas o todas influirán en la selección del emplazamiento de la presa, en el tamaño de la misma y en los objetos a los que se destine. <sup>(22)</sup>

Al estudiar la viabilidad de las presas y vasos deben siempre tomarse en cuenta las posibles objeciones con respecto a la salubridad pública y a los perjuicios que



se puedan producir, y se deben hacer los esfuerzos necesarios para evitarlos. El fondo de un vaso, que queda expuesto cuando se vacía, no solamente es poco atractivo, sino que también puede dificultar el acceso al agua. Al secarse los azolves, los olores de la vegetación podrida o el polvo que levanta el viento pueden producir molestias y daños reales a la salud y a las propiedades. En algunos casos la retención de aguas negras puede aumentar el peligro. El agua dulce estancada, cuando se mantiene a un nivel constante, constituye un lugar ideal para el desarrollo de mosquitos, creando molestias y posiblemente facilitando la transmisión de malaria o la encefalitis. <sup>(22)</sup>

Muchos embalses están situados en regiones afectadas por las sequías y están sujetos a avenidas instantáneas. Bajo estas condiciones climáticas, la erosión producida por las avenidas en las cuencas y en las márgenes de la corriente llenara a ésta de sedimentos que quedaran detenidos en los vasos. La acumulación de sedimentos puede reducir rápidamente la utilidad del vaso, y finalmente puede anular por completo su capacidad. La pérdida de capacidad y otros daños debidos al azolve de los vasos y los cambios de régimen de las corrientes cargadas de sedimentos como resultado de la operación de los vasos, se deben considerar en todos los proyectos que se propongan. <sup>(22)</sup>

## **IRRIGACION**

El agua almacenada debe ser suficiente para regar eficientemente (considerando los periodos de escasez ocasionales tolerables) a un costo razonablemente económico por hectárea, tanto por lo que toca a la inversión de capital como al costo de operación, mantenimiento y reposiciones. La calidad del agua debe ser tal que no sea peligrosa para los cultivos o para los suelos en que vaya a usarse. Si el sistema de distribución va a funcionar por gravedad, el vaso debe quedar lo suficientemente alto con relación a la superficie regada para que exista la carga hidráulica suficiente para obtener los gastos necesarios. <sup>(22)</sup>

## **APLICACIONES DOMESTICAS Y MUNICIPALES**

La cantidad de agua debe ser la adecuada para satisfacer los requisitos. Son conceptos importantes la demanda y un sobrante para afrontar los aumentos previsibles en los consumos. La calidad del agua deber ser tal que se pueda potabilizar y utilizarse para uso domestico y en la mayor parte de las aplicaciones industriales con métodos de tratamiento económicos. Deberá satisfacer las normas oficiales de salubridad con respecto a su pureza bacteriana. Las normas con respecto al sabor, color, olor y dureza pueden variar en las diferentes regiones del país. El grado en el que se puedan corregir estas características



perjudiciales dependerá de la naturaleza y concentración del agua natural, y del costo de las medidas para remediarlas. <sup>(22)</sup>

## **USOS INDUSTRIALES**

Aunque la calidad del agua para servicios municipales es, por lo general, suficientemente buena para usos industriales, algunos procesos industriales requieren normas más exigentes con respecto a que no deben contener sustancias químicas perjudiciales para los equipos o para los productos manufacturados. <sup>(22)</sup>

## **AGUA PARA EL GANADO**

La calidad del agua para el consumo del ganado debe servir para ese objeto. El estanque debe estar situado en un lugar que sea accesible al ganado, ya sea directamente o por medio del uso económico de zanjas o tubos. <sup>(22)</sup>

## **PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**

Cuando se incluye la generación de potencia, la capacidad del equipo generador y las demandas de carga están íntimamente relacionadas a la cantidad de agua disponible y a la magnitud del almacenamiento. La altura de las presas para obtener energía la dictan estos requisitos. <sup>(22)</sup>

## **CONTROL DE AVENIDAS**

En el estudio y proyecto de las obras y estructuras para el control de avenidas deberán considerarse los siguientes factores: <sup>(22)</sup>

- a) La relación del costo del control a los beneficios obtenidos por la reducción de los daños acumulados, debe ser favorable en comparación con otros procedimientos con los que se obtengan beneficios semejantes, tomando en consideración el interés público.
- b) El almacenamiento temporal debe ser suficiente para disminuir los gastos máximos o para disminuir la frecuencia de las avenidas menores.
- c) Hasta donde sea posible, el método de control deberá ser automático en vez de manual.



- d) Cualquier control de avenidas deberá ser efectivo. Una seguridad hipotética aguas abajo es más peligrosa que una ausencia absoluta de control.

## **ESPARCIMIENTO**

Se deben considerar los siguientes factores con respecto al fomento de proyectos para esparcimiento: <sup>(22)</sup>

- a) Debe contarse con el volumen conveniente de agua para tomar en cuenta las pérdidas por evaporación y para mantener el agua a un nivel dentro de las limitaciones supuestas como base para el desarrollo de zonas de esparcimiento y residenciales en sus riberas.
- b) El agua se debe mantener libre de contaminación dentro de sus límites prácticos.
- c) Cuando las diversiones acuáticas vayan a ser de naturaleza variadas, se debe zonificar la ribera para separar las que interfieran, como zonas residenciales, para acampar, para días de campo, baño y navegación deportiva.
- d) La ribera debe tener una pendiente relativamente grande, siempre que sea posible de manera que un descenso ligero del nivel del agua exponga el mínimo de su superficie. Además, la variación del nivel normal que se utilice en la operación no deberá tener superficies extensas de poca pendiente que tengan un aspecto desagradable cuando queden descubiertas.

## **ANIMALES SALVAJES**

Los proyectos para almacenar agua para los animales salvajes no se deben emprender sin los consejos de un biólogo. La habilidad para pescar no garantiza que se tienen los conocimientos necesarios para criarlos. Se deben considerar los siguientes factores: <sup>(22)</sup>

- a) La profundidad del agua y su volumen deben ser suficientes para mantener las condiciones de vida de los animales salvajes en toda la sequía.



- b) Las grandes fluctuaciones del nivel del agua son perjudiciales para los peces y otros animales salvajes, porque impiden o destruyen el desarrollo de la vegetación acuática para su alimento.
- c) Se debe tener la seguridad de que la calidad del agua es buena. La contaminación o el envenenamiento de la misma puede matar a las aves acuáticas o a los peces y reduce la producción de oxígeno al punto de que los peces para la pesca deportiva no pueden sobrevivir.
- d) El agua y el vaso deberán ser los adecuados para producir la clase conveniente de alimento y deben proporcionar el refugio apropiado, libre de perturbaciones por el hombre.

### **ALMACENAMIENTO PARA REGULACION DE LAS CORRIENTES**

Son necesarias las obras de este tipo en aquellas regiones donde la corriente cesa en forma total o se reduce a valores extremadamente pequeños durante partes del año. Cuando una corriente natural es la principal fuente de abastecimiento para una o más comunidades, y cuando es necesario un gasto seguro para la dilución de los desechos, después del apropiado tratamiento económico, se puede justificar el almacenamiento del agua para la regulación del gasto. En los proyectos de estas obras es necesario asegurarse de que: <sup>(22)</sup>

- a) La corriente segura, cuando se regula en forma correcta, sea suficiente para producir el gasto mínimo regulado requerido para el objeto, después de haber deducido las probables pérdidas; y
- b) Que el almacenamiento para este objeto no produzca alteraciones perjudiciales en la calidad del agua.

### **OBRAS VARIAS PARA LA CONSERVACION DEL AGUA**

Ocasionalmente se proponen proyectos para regular el nivel de las aguas en lagos poco profundos, pantanos o estanques, para otros objetos diferentes a los mencionados. En esta clasificación se incluyen también los proyectos para represar o derivar una corriente para conservarla, transformándola de agua superficial en agua subterránea por el proceso de filtración. Los proyectos de este tipo producen generalmente grandes aumentos en las pérdidas por evaporación y transpiración debido al aumento de la superficie del agua, la mayor duración de la exposición de la superficie a la evaporación, o, posiblemente, al aumento del área de las plantas semiacuáticas y carrizos. <sup>(22)</sup>



En los proyectos en los que se va a regar el agua o a represar para aumentar las oportunidades de infiltración, deben determinarse las características de los suelos para ver si permiten las filtraciones en cantidad suficiente, que justifiquen económicamente el proyecto. <sup>(22)</sup>



# ***II CAMBIO CLIMÁTICO***

## **II.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO**

La atmósfera terrestre es el más global de los bienes ambientales comunes. Es una muy delgada película, constituida por una por una masa gaseosa de composición prácticamente homogénea y todo contaminante gaseoso que reciba se diluye y acaba distribuyéndose en toda su extensión. Cualquier transformación que sufra la atmósfera en las concentraciones de los gases que forman parte de ella, afecta a la biosfera y a la humanidad en su conjunto. <sup>(5)</sup>

El cambio climático es resultado del uso intensivo de la atmósfera como receptora de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El problema consiste en que los volúmenes de GEI, especialmente bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), emitidos durante los últimos ciento cincuenta años de industrialización superan la capacidad de captura de la biosfera y el resultado neto es el aumento de las concentraciones de estos gases, que obstaculizan la emisión de energía hacia el espacio exterior y acrecientan el proceso natural de “efecto invernadero”. <sup>(5)</sup>

Este proceso de contaminación atmosférica ha hecho que las concentraciones de CO<sub>2</sub> pasen de 280 ppm (partes por millón) antes de la revolución industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, o bien a 430 ppm si se considera a todos los GEI en términos de su equivalencia en bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e), lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años. A mayor concentración de GEI en la atmósfera, mayor la opacidad de esta a la radiación infrarroja que emite la superficie terrestre y mayor el efecto

invernadero, con lo que se eleva la temperatura media global y el nivel del mar tanto por la dilatación térmica de los océanos como por el derretimiento de los grandes hielos terrestres. La intervención humana ha logrado, en un lapso de décadas, transformaciones de una magnitud superior a las que el sistema natural experimenta en el curso de cientos de miles de años. <sup>(5)</sup>

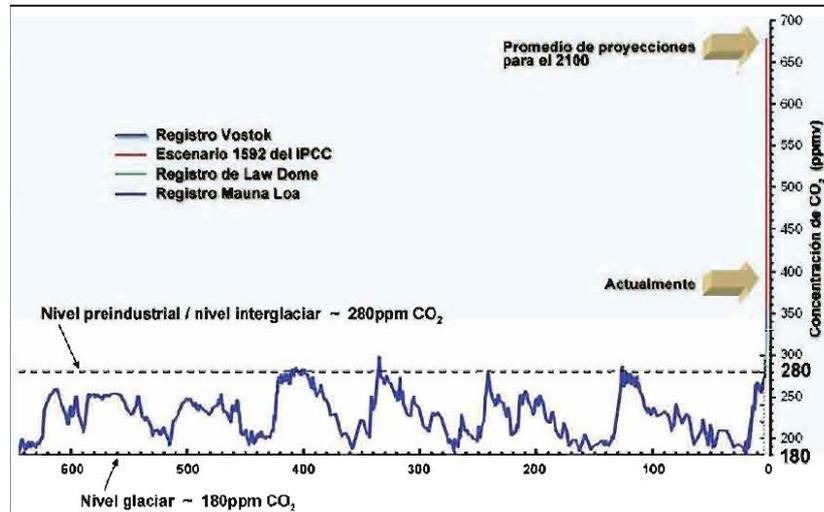


Gráfico 2.1 Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> durante los últimos 650 mil años

Información actualizada de la División de Monitoreo Global de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés), confirma la tendencia incremental en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. En el siguiente gráfico se puede apreciar tal incremento, en donde la línea roja representa los valores promedio mensuales y la línea negra representa los mismos datos corregidos por el promedio del ciclo estacional. La línea roja representa los valores promedio mensuales; la línea negra representa los mismos datos corregidos por el promedio del ciclo estacional. <sup>(5)</sup>

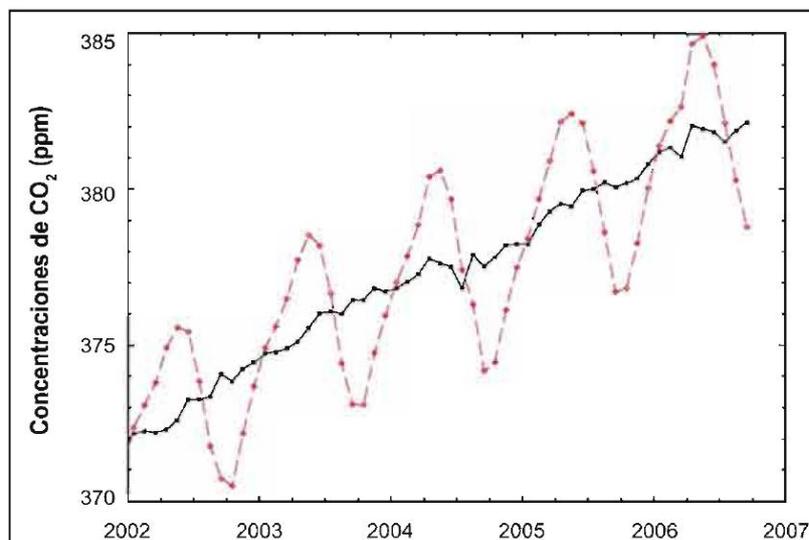


Gráfico 2.2 Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> registrada por el observatorio Mauna Loa, Hawaii.



Algunas otras de las consecuencias del cambio climático son:

- Aumento de huracanes y tormentas tropicales; inundaciones
- Mayores incendios
- Sequías y desertificación
- Cambio en las corrientes del mar
- Propagación de enfermedades marinas y terrestres
- Desequilibrio en los ecosistemas terrestres
- Grandes pérdidas económicas

El cambio climático es inducido por las emisiones antrópicas de GEI y se perfila junto con la pérdida de la biodiversidad y la degradación de los ecosistemas como el problema ambiental más trascendente del siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad. <sup>(5)</sup>

El cambio climático antropogénico es resultado de la mayor falla de mercado jamás conocida, ya que los precios de los combustibles fósiles nunca reflejaron los costos ambientales de su uso. Numerosos estudios indican que la inacción en el presente elevará exponencialmente los costos de adaptación en el futuro. <sup>(5)</sup>

Por sus efectos adversos previsibles, el cambio climático trasciende la esfera de lo ambiental y representa una amenaza creciente para muchos procesos de desarrollo. Por su globalidad, requiere de un enfoque multilateral, pues ningún país puede hacerle frente aisladamente. Por su dimensión temporal, impone la necesidad de planear a largo plazo y actuar de inmediato. <sup>(5)</sup>

El cambio climático es un problema de seguridad estratégica de los países, por lo que es urgente incrementar los esfuerzos de mitigación (reducción de emisiones de GEI) y desarrollar capacidades de adaptación entre los impactos adversos previsibles. <sup>(5)</sup>

Enfrentar el cambio climático es una inversión que garantiza un crecimiento para el largo plazo y puede realizarse sin poner un límite a las aspiraciones de crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida, especialmente en los países en desarrollo. <sup>(5)</sup>

## II.2 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

La atmósfera es transparente a la radiación solar e impacta la Tierra y calienta su superficie, pero relativamente opaca para la radiación infrarroja que la superficie terrestre re-emite hacia el espacio exterior. Esta opacidad relativa se debe a la presencia natural de mu pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero, cuya concentración en la atmósfera hace a ésta más o menos opaca a la radiación infrarroja. <sup>(5)</sup>

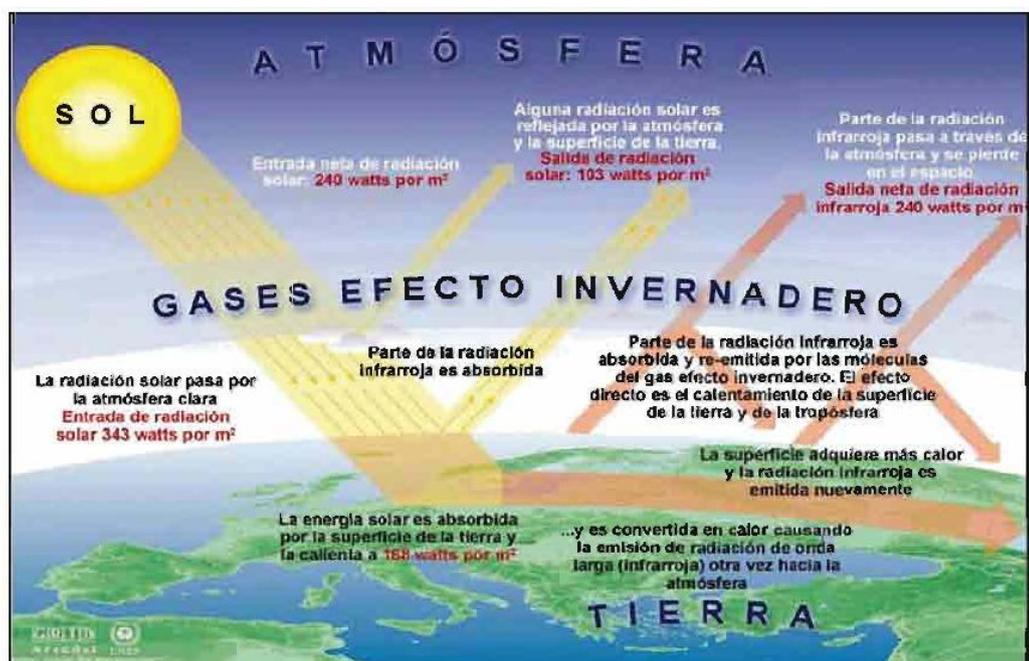


Figura 2.1 El efecto invernadero

El fenómeno del cambio climático antropogénico implica la elevación de las concentraciones de GEI por encima de sus niveles naturales. Como las concentraciones de GEI se incrementaron durante más de 150 años y la vida media de estos gases va de decenas a miles de años, los efectos del cambio climático perdurarán por mucho tiempo. Se necesita reducir las emisiones antrópicas globales, hasta encontrar un punto de equilibrio con la capacidad de captura de carbono en la biosfera. En ese punto se detendrá el aumento de las concentraciones de GEI. <sup>(5)</sup>

Los efectos derivados del incremento de las concentraciones atmosféricas de GEI de origen antrópico empiezan ya a manifestarse, mediante fenómenos como la ampliación en los rangos de variabilidad climática y la probable intensificación

de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Los efectos previsibles, tales como: cambios drásticos en los regímenes de lluvias y la ocurrencia de sequías, escasez en la disponibilidad de agua dulce y suelos productivos, incremento de enfermedades infecciosas, elevación del nivel del mar, entre otros, expondrán crecientemente a poblaciones humanas y ecosistemas a riesgos mayores. <sup>(5)</sup>

Los gases de efecto invernadero (GEI) considerados por el Protocolo de Kioto son: bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. Algunas de sus características se describen en la siguiente tabla:

GEI	COMPOSICIÓN MOLECULAR	GWP - SAR (CO <sub>2</sub> e)	GWP - TAR (CO <sub>2</sub> e)	VIDA MEDIA (AÑOS)	ORIGEN
Bióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1	1	50 a 200	Quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales
Metano	CH <sub>4</sub>	21	23	12 ± 3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, emisiones fugitivas
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310	296	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos, algunos usos médicos
Hidrofluoro-carbonos	HFC-23	11,700	12,000	1.5 a 264	Refrigeración, aire acondicionado, extinguidores, petroquímica, solventes en producción de espumas, refrigerantes y aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	HFC-125	2,800	3,400		
	HFC-134a	1,300	1,300		
	HFC-152a	140	120		
	HFC-227ea	2,900	3,500		
	HFC-236fa	6,300	9,400		
	HFC-4310mee	1,300	1,500		
Perfluoro-carbonos	CF <sub>4</sub>	6,500	5,700	2,600 a 50,000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, producción de aluminio, solventes, aerosoles, producción y uso de halocarbonos
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9,200	11,900		
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7,000	8,600		
	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7,400	9,000		
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23,900	22,200	3,200	Aislante dieléctrico en transformadores e interruptores de redes de distribución eléctrica, refrigerante industrial, producción de aluminio, magnesio y otros metales, producción y uso de halocarbonos

Tabla 2.1 Gases de efecto invernadero considerados por el Protocolo de Kioto

Los cambios en la concentración atmosférica de los GEI se correlacionan estrechamente con los cambios en la temperatura media de la superficie del planeta, que en solo tres décadas se incremento 0.6°C <sup>(5)</sup>, como se muestra en el gráfico siguiente, donde la línea negra corresponde a la temperatura media anual y la línea roja corresponde a la media de 5 años.

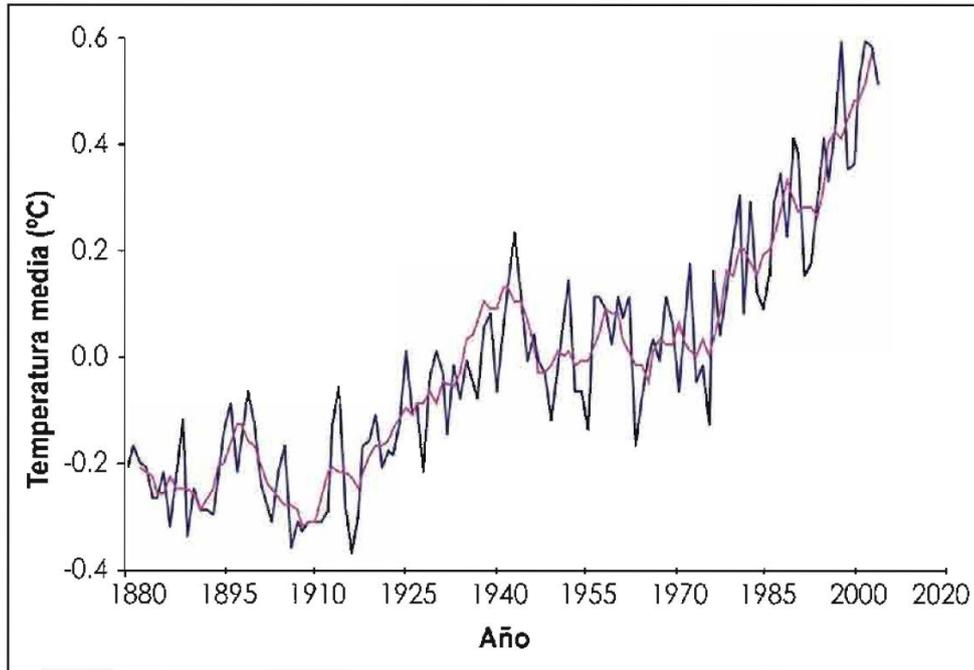


Gráfico 2.3 Cambios de la temperatura media superficial global 1880 – 2005

Aunque la magnitud del calentamiento varía según las regiones, la tendencia es global y consistente con otras evidencias, tales como los cambios en el inicio, la duración y el final de las estaciones; la elevación del nivel del mar y el derretimiento de las grandes masas de hielo. <sup>(5)</sup>

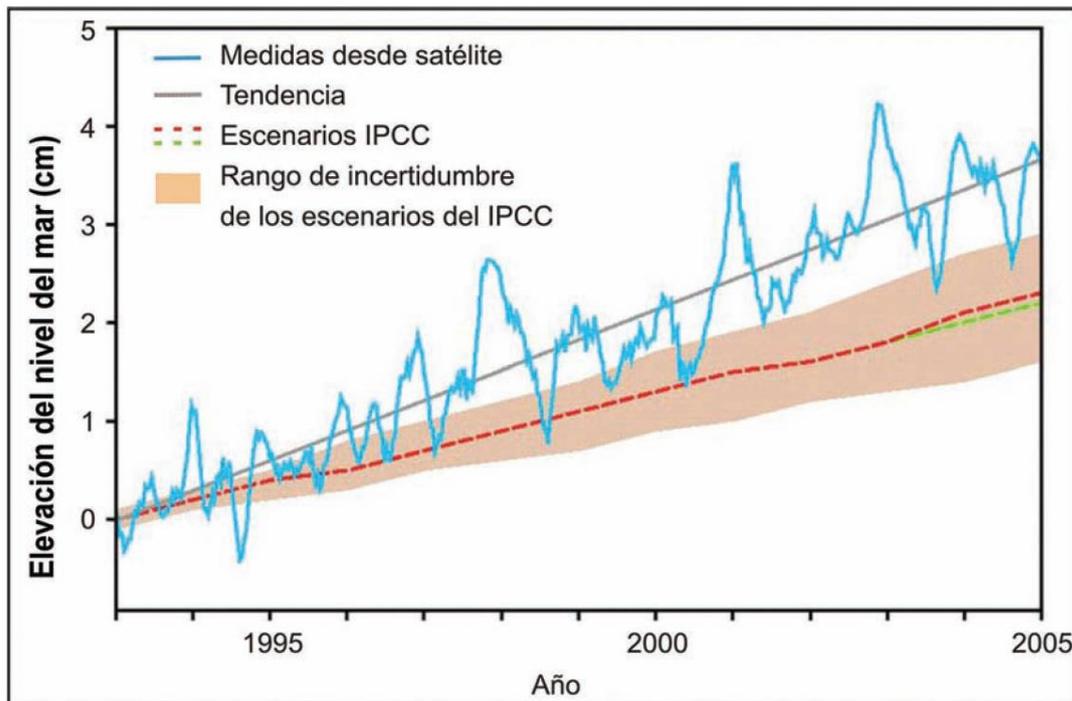


Gráfico 2.4 incremento del nivel del mar 1993 – 2005

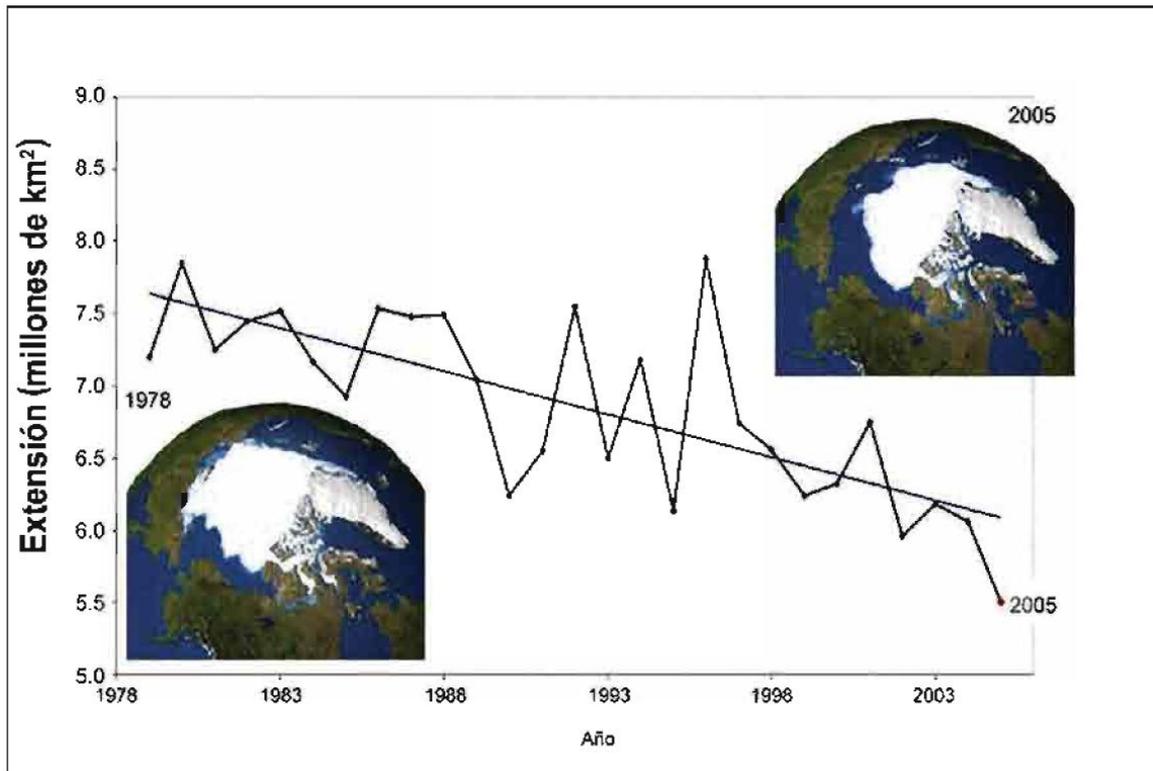


Gráfico 2.5 Disminución de masas de hielo en el polo norte 1978- 2005

Además del calentamiento atmosférico, existen evidencias de un incremento en la temperatura de los océanos así como de sus concentraciones disueltas de CO<sub>2</sub>, hecho de suma importancia ya que los océanos son un componente fundamental del sistema climático por su interacción con la atmósfera. <sup>(5)</sup>

### II.3 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A NIVEL MUNDIAL

En el año 2000 las emisiones globales anuales representaban alrededor de 41 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (MtCO<sub>2</sub>e), de las cuales los países desarrollados emitían 17 mil MtCO<sub>2</sub>e y los países en desarrollo 24 mil MtCO<sub>2</sub>e. Se estima que, durante el periodo 1950 – 2000, las emisiones globales acumularon alrededor de 1 billón 100 mil MtCO<sub>2</sub>e, con poco más de 573 mil millones emitidas por los países desarrollados y poco más de 525 mil millones por los países en desarrollo, incluyendo las emisiones por Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUISS). <sup>(5)</sup>



Diferentes tipos de gases contribuyen al efecto invernadero en mayor o menor grado. Para tener un objetivo comparable, estas contribuciones al efecto invernadero se convierten a la cantidad de CO<sub>2</sub> necesaria para producir el mismo efecto. Se denominan CO<sub>2</sub> equivalente.

El dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) es una medida empleada para describir la cantidad de calentamiento global que un determinado gas de efecto invernadero podría causar, usando la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como referencia.

Por ejemplo, el Potencial de Calentamiento Global del metano es de 21. Esto significa que las emisiones de 1 millón de toneladas métricas de metano es equivalente a las emisiones de 21 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono.

Los 25 países que más emiten gases de efecto invernadero se muestran en la siguiente tabla.

	25 Mayores Emisores	Emisiones 2000 MtCO <sub>2</sub> e	% Total Mundial 2000	Tons CO <sub>2</sub> e /hab. 2000	Posición /hab. 2000	Solo USCUS 2000 MtCO <sub>2</sub>	Emisiones 1950-2000 por Energía MtCO <sub>2</sub> e	Posición 1950-2000 por Energía	Emisiones 1950-2000 por USCUS MtCO <sub>2</sub>	Posición 1950-2000 por USCUS	Total Emisiones 1950-2000 MtCO <sub>2</sub> e	% Total Mundial 1950-2000
1	EE UU	6,468.80	15.65	22.90	14	-402.8	212,905.00	1	-26,198.50	150	186,706.70	16.77
2	China	4,915.80	11.89	3.90	122	-47.3	71,765.60	4	38,909.40	3	110,675.00	9.94
3	UE (25)	4,721.10	11.42	10.40	53	-20.9	175,937.60	2	630.80	49	176,568.40	15.86
4	Indonesia	3,067.70	7.42	14.90	24	2,563.1	4,591.70	28	75,740.50	1	80,332.20	7.22
5	Brasil	2,221.50	5.37	12.80	38	1,372.1	7,442.40	19	60,946.40	2	68,388.80	6.14
6	Federación Rusa	1,969.90	4.77	13.50	33	54.2	77,120.80	3	13,838.40	5	90,959.10	8.17
7	India	1,848.80	4.47	1.80	163	-40.3	18,771.20	9	-1,191.10	148	17,580.10	1.58
8	Japón	1,355.90	3.28	10.70	50	4.4	37,345.60	6	5,007.80	13	42,353.40	3.80
9	Alemania	1,013.30	2.45	12.30	40	0.0	47,333.20	5	187.90	70	47,521.20	4.27
10	Malasia	855.70	2.07	37.20	4	698.9	1,632.70	53	20,654.10	4	22,286.80	2.00
11	Canadá	748.70	1.81	24.30	12	64.5	17,430.80	11	5,193.80	12	22,624.60	2.03
12	Reino Unido	657.10	1.59	11.00	47	-1.7	29,758.00	7	-21.00	139	29,737.00	2.67
13	México	622.60	1.51	6.40	93	96.8	9,393.10	15	4,300.00	16	13,693.10	1.23
14	Italia	529.30	1.28	9.20	67	-3.0	14,383.60	13	-5.00	135	14,378.60	1.29
15	Rep. Corea	520.40	1.26	11.10	45	1.2	6,932.50	20	867.20	42	7,799.70	0.70
16	Francia	512.20	1.24	8.70	69	-6.2	18,688.10	10	52.20	85	18,740.30	1.68
17	Mianmar (Birmania)	508.40	1.23	10.70	51	425.4	218.00	100	12,570.90	6	12,788.90	1.15
18	Australia	495.50	1.20	25.90	9	4.3	9,188.30	16	1,320.90	33	10,509.20	0.94
19	Irán	484.00	1.17	7.60	75	8.1	5,961.90	23	565.30	50	6,527.30	0.59
20	Ucrania*	482.10	1.17	9.80	61	—	20,768.10	8	—	—	20,768.10	1.87
21	Sudáfrica	419.30	1.01	9.50	63	1.7	10,201.90	14	48.70	87	10,250.60	0.92
22	Nigeria	388.10	0.94	3.30	126	194.8	1,799.80	48	5,539.90	11	7,339.70	0.66
23	Venezuela	383.80	0.93	15.80	23	144.1	4,284.60	30	6,399.40	10	10,684.00	0.96
24	Turquía	376.20	0.91	5.60	107	20.9	4,089.70	31	1,394.80	31	5,484.50	0.49
25	España	373.20	0.90	9.20	66	-8.6	7,689.20	18	-114.90	144	7,574.30	0.68
	Top 25	32,854.30	79.71	—	—	5,123.7	697,781.50	88.63%	226,538.70	72.82%	924,320.20	84.16
	Resto del mundo	8,365.20	20.29	—	—	2,468.2	89,473.60	11.37%	84,541.70	27.18%	174,015.50	15.84
	Anexo I	17,081.90	41.44	13.69	—	-249.9	571,273.40	72.57%	1,966.50	0.63%	573,239.60	52.19
	no-Anexo I	24,137.60	58.56	4.86	—	7,886.8	215,981.70	27.43%	309,113.90	99.37%	525,096.10	47.81
	Mundial 2000	41,219.50	100.00	6.55	—	7,591.9	787,255.10	100%	311,080.40	100%	1,098,335.70	100%

Tabla 2.2 Los 25 mayores emisores de GEI en el 2000, (MtCO<sub>2</sub>e)  
MtCO<sub>2</sub>e : Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e

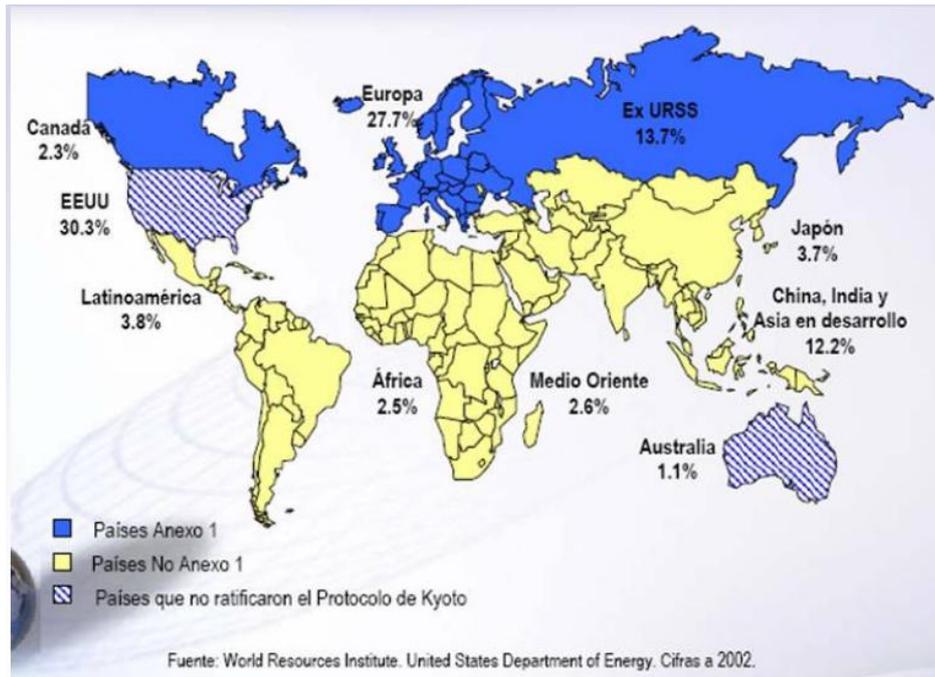


Figura 2.2 Participación porcentual regional en las emisiones de GEI globales

De acuerdo con el Instituto Mundial de Recursos del Departamento de Energía de los Estados Unidos, las cifras al año 2002, en cuanto a la participación porcentual de las distintas regiones del mundo en las emisiones de GEI globales, se tiene lo que se muestra en el siguiente esquema.



### II.3.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN MÉXICO

Durante el año 2000 México contribuyó con alrededor del 1.5% de las emisiones anuales globales de gases de efecto invernadero, ubicándose en la posición número 13 entre los 25 mayores emisores del mundo. La contribución histórica de México, durante el periodo 1950 – 2000, lo coloca en la posición número 15 por emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles y de procesos industriales, y en la posición número 15 por deforestación. Durante este periodo un tercio de las emisiones mexicanas provinieron de la destrucción de bosques y selvas. La posición de nuestro país cambia significativamente si se consideran las emisiones per cápita, México ocupó en el año 2000 el lugar 93, con 6.40 toneladas de CO<sub>2</sub>e emitidas por habitante, situándose un poco por debajo del promedio mundial, que fue de 6.55. En la más reciente actualización del Inventario Nacional de Emisiones se estima un total nacional de 643.2 toneladas de CO<sub>2</sub>e para el año 2002, lo que represento emisiones per cápita de 6.44 toneladas de CO<sub>2</sub>e. <sup>(5)</sup>

En un informe de la Unión Europea (UE) realizado en 2007, señala que México es de los países en desarrollo de los más contaminantes, solamente para 2006 emitió más de 5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, y según este reporte, sus emisiones en la última década aumentaron en un 69 %, por lo que concluyen que si México no reduce sus emisiones en de un 60 a un 80 %, para el año 2020, tendrá fuertes cambios en las precipitaciones, que impactaran en la agricultura, el turismo, el comercio y el suministro de agua, de hecho el estudio señala que las costas y la zona norte del país se verán seriamente afectadas. <sup>(6)</sup>

## II.4 PROTOCOLO DE KIOTO

La preocupación mundial acerca de los efectos del desarrollo económico sobre el clima inicio una nueva fase en 1988 en Canadá, con la Convención de Toronto sobre Cambio en la Atmósfera: Implicaciones para la Seguridad Global. En ese mismo año, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) constituyeron el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en ingles). <sup>(5)</sup>



Desde su Primer Reporte de Evaluación, el IPCC reconoció que el patrón de calentamiento global no podría explicarse sólo por causas naturales, siendo el factor humano determinante. Este reconocimiento se ah fortalecido con cada reporte del IPCC, en los que además se ha documentado que el cambio climático tiene y tendrá efectos muy significativos sobre los ecosistemas en todas las regiones biogeográficas. <sup>(5)</sup>

Algunos de los principales eventos en la constitución del régimen climático internacional se enuncian a continuación.

- 1988 PNUMA y OMM establecen el IPCC, que desde entonces produce regularmente información científica y tecnología sobre el cambio climático.
- 1992 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es adoptada en la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro.
- 1994 El 21 de marzo entra en vigor La Convención.
- 1995 El Segundo Reporte de Evaluación (SAR) del IPCC concluye que la evidencia sugiere una influencia humana decisiva en el clima global.
- 1997 Se adopta el Protocolo de Kioto.
- 2001 El Tercer Reporte de Evaluación (TAR) del IPCC difunde mayores evidencias de la influencia humana en el clima global. Estados Unidos de América anuncia que no ratificará el Protocolo de Kioto, mientras otros países signatarios acuerdan una serie de reglas para la implementación del Protocolo: los “Acuerdos de Marrakech”.
- 2004 En noviembre, la Federación Rusa anuncia que ratificara el Protocolo de Kioto, el cual entrara en vigor 90 días después.
- 2005 El 16 de febrero entra en vigor el Protocolo de Kioto.
- 2005 XI Conferencia de las Partes, en Montreal, Canadá y Primera Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
- 2006 XII Conferencia de las Partes, en Nairobi, Kenia y Segunda Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
- 2007 El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC refuerza las certidumbres científicas en relación con el cambio climático, XIII Conferencia de las Partes, Bali, Indonesia.



La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático reconoce que, si bien todos los Estados de la comunidad internacional comparten responsabilidades, ellas son diferenciadas en función del grado de desarrollo y de las capacidades de cada Estado. La convención distingue entre países desarrollados (listados en los Anexos I y II) y países en desarrollo, no incluidos en anexo específico (denominados: no-Anexo I).<sup>(5)</sup>

Los países del Anexo I son aquellos que pertenecían a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) en 1992 (antes del ingreso de México y Corea, que no pertenecen al Anexo I), más todos los países de Europa Central y del Este, considerados como “en transición hacia una economía de mercado”. Las Partes del Anexo I asumen compromisos específicos de reducción de emisiones de GEI, tomando en general como referencia las del año 1990.<sup>(5)</sup>

Las Partes del Anexo II son un subgrupo del Anexo I que asumen obligaciones de cooperación complementarias. La fracción 3 del Artículo 4 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático establece que las Partes en el Incluidas asumen el compromiso explícito de “proporcionar recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos que efectúen las Partes que son países en desarrollo para cumplir sus obligaciones”, es decir, para que desarrollen capacidades que les permitan realizar inventarios nacionales de emisiones por fuentes principales así como implementar medidas de mitigación y de adaptación.<sup>(5)</sup>

Para reforzar los compromisos cuantitativos que limitan el volumen total de emisiones de GEI de los países desarrollados inscritos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la III Conferencia de las Partes (COP-3) adoptó en 1997 el Protocolo de Kioto, que entro en vigor en 2005. En virtud de este Protocolo, los 38 países y la Unión Europea incluidos en su Anexo B se comprometieron a reducir sus emisiones durante el periodo 2008-2012, en su conjunto en un 5.2% por debajo de los volúmenes que emitían en 1990.<sup>(5)</sup>

Los países incluidos en los Anexos I y II de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en el Anexo B del Protocolo de Kioto son los que se enuncian en la siguiente tabla:



<b>Alemania</b>
<b>Australia</b>
<b>Austria</b>
<i>Bielorrusia</i>
<b>Bélgica</b>
<i>Bulgaria</i>
<b>Canadá</b>
<u><i>Croacia</i></u>
<b>Dinamarca</b>
<u><i>Eslovaquia</i></u>
<u><i>Eslovenia</i></u>
<b>España</b>
<b>Estados Unidos de América</b>
<i>Estonia</i>
<i>Federación Rusa</i>
<b>Finlandia</b>
<b>Francia</b>
<b>Grecia</b>
<i>Hungría</i>
<b>Irlanda</b>
<b>Islandia</b>
<b>Italia</b>
<b>Japón</b>
<i>Letonia</i>
<u><i>Liechtenstein</i></u>
<i>Lituania</i>
<b>Luxemburgo</b>
<u><i>Mónaco</i></u>
<b>Noruega</b>
<b>Nueva Zelandia</b>
<b>Países Bajos</b>
<i>Polonia</i>
<b>Portugal</b>
<b>Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte</b>
<u><i>República Checa</i></u>
<i>Rumania</i>
<b>Suecia</b>
<b>Suiza</b>
<b>Turquía</b>
<i>Ucrania</i>
<b>Comunidad Económica Europea</b>

Tabla 2.3 Países incluidos en los Anexos I y II de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en el Anexo B del Protocolo de Kioto

Todos los países de la Tabla se encuentran en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.



Las cursivas indican países que se encuentran en transición hacia una economía de mercado.

Los subrayados indican países añadidos al Anexo I en virtud de una enmienda que entro en vigor el 13 de agosto de 1998.

Las negritas indican al subgrupo de países, donadores, que forman parte del Anexo II de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Las celdas de fondo gris señalan al subgrupo de países que se encuentran en el Anexo B del Protocolo de Kioto.

Los países en rojo indican las únicas partes del Anexo B del Protocolo de Kioto que no lo han ratificado.

La fracción 1 del Artículo 3 del Protocolo de Kioto establece que <sup>(19)</sup>:

*“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 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.”*

Donde los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones corresponden al porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero que podrán emitir a la atmósfera al término del periodo 2008 – 2012 del valor registrado en el año 1990. Esto es, por ejemplo, si un país registró emisiones, en 1990, de 100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e (MtCO<sub>2</sub>e), y su compromiso cuantificado de limitación y reducción de las emisiones es del 92 por ciento, al término del periodo 2008 – 2012 solo podrá emitir 92 (MtCO<sub>2</sub>e).

Algunos de los países tienen un compromiso cuantificado de limitación y reducción de las emisiones igual al cien por ciento, por los que deberán registrar, al término del periodo 2008 – 2012, el mismo valor de emisiones de GEI registrado en el año 1990. Otros países tienen un compromiso cuantificado de limitación y reducción mayor a cien por ciento, lo cual les permite aumentar sutilmente sus emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, sin exceder el porcentaje asignado.

En la siguiente tabla se muestran los países que se encuentran en el Anexo B del Protocolo de Kioto y los respectivos compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones para cada uno de ellos.



Parte	Compromiso cuantificado de limitación o reducción de las emisiones (% del nivel del año o periodo base)
Alemania	92
Australia	108
Austria	92
Bélgica	92
Bulgaria	92
Canadá	94
Comunidad Económica Europea	92
Croacia	95
Dinamarca	92
Eslovaquia	92
Eslovenia	92
España	92
Estados Unidos de América	93
Estonia	92
Federación Rusa	100
Finlandia	92
Francia	92
Grecia	92
Hungría	94
Irlanda	92
Islandia	110
Italia	92
Japón	94
Letonia	92
Liechtenstein	92
Lituania	92
Luxemburgo	92
Mónaco	92
Noruega	101
Nueva Zelanda	100
Países Bajos	92
Polonia	94
Portugal	92
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	92
República Checa	92
Rumania	92
Suecia	92
Suiza	92
Ucrania	100



Para facilitar el cumplimiento de los compromisos cuantitativos de reducción de emisiones, el Protocolo de Kioto estableció tres Mecanismos de Flexibilidad: la Implementación Conjunta (IC, o JI, por sus siglas en inglés), el Comercio de Emisiones (CE, o ET, por sus siglas en inglés) y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL, o CDM, por sus siglas en inglés).<sup>(5)</sup>

La Implementación Conjunta establece la posibilidad de que un país Anexo I/Anexo B implemente proyectos de reducción o captura de emisiones en el territorio de otro país Anexo I/Anexo B, contabilizando para sí el monto logrado como Unidades de Reducción de Emisiones (ERU, por sus siglas en inglés).<sup>(5)</sup>

El Comercio de Emisiones autoriza a que las Partes Anexo I/Anexo B comercien entre sí una fracción de sus respectivos permisos de emisión determinados por los límites que les impone el Protocolo de Kioto. Luego de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto el 16 de febrero de 2005, este mecanismo recibió un fuerte impulso potencial apoyado en el mercado europeo de permisos de emisión.<sup>(5)</sup>

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio es el único que contempla la participación de países no-Anexo I en el comercio de emisiones, como vendedores de Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE, o CER, por sus siglas en inglés) sustentadas en proyectos de mitigación registrados. El beneficio es recíproco, pues las Partes del Anexo B del Protocolo de Kioto reciben apoyo de las Partes no-Anexo I para cumplir a menor costo sus compromisos de reducción, en tanto estas últimas reciben fondos adicionales que inducen procesos productivos más limpios, y contribuye al desarrollo sustentable de estos países.<sup>(5)</sup>

Los países o Partes no-Anexo I son todos aquellos países que no se encuentran en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, esto es, todos los demás países que no se encuentran enlistados en la tabla 2.3.

A partir de 2005, antes de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto, la Unión Europea puso en marcha un mercado de permisos de emisión (ETS, por sus siglas en inglés) que se ha constituido como el principal referente para todas las transacciones mundiales de bonos de carbono. En el ámbito del MDL, hasta el 5 de mayo de 2007, 49 países no-Anexo I habían obtenido registro para 650 proyectos acumulando un monto esperado de reducciones por 140 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año.<sup>(5)</sup>



## ***III BONOS DE CARBONO***

El nombre de “bonos de carbono” se ha dado como un nombre genérico a un conjunto de instrumentos que pueden generarse por diversas actividades de reducción de emisiones. Así, se puede decir que existen “varios tipos” de bonos de carbono, dependiendo de la forma en que éstos fueron generados <sup>(15)</sup>:

- Certificados de Reducción de Emisiones (CER)
- Montos Asignados Anualmente (AAU)
- Unidades de Reducción de Emisiones (ERU)
- Unidades de Remoción de Emisiones (RMU)

### Certificados de Reducción de Emisiones (CER)

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. Para ello, el proyecto debió cumplir con los requisitos establecidos por el Consejo Ejecutivo del Mecanismo de Desarrollo Limpio. <sup>(15)</sup>

### Montos Asignados Anualmente (AAU)

Corresponde al monto total de emisiones de gases de efecto invernadero que a un país se le permite emitir a la atmósfera durante el primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kioto. Cada país divide y asigna su respectivo monto a empresas localizadas en su territorio a manera de límite de emisión por empresa. <sup>(15)</sup>



### Unidades de Reducción de Emisiones (ERU)

Corresponde a un monto específico de emisiones de gases de efecto invernadero que dejaron de ser emitidas por la ejecución de un proyecto de Implementación Conjunta. <sup>(15)</sup>

### Unidades de Remoción de Emisiones (RMU)

Corresponde a créditos obtenidos por un país durante proyectos de captura de carbono. Estas unidades o créditos solamente pueden ser obtenidas por países del Anexo I del Protocolo de Kioto y pueden obtenerse también en proyectos de Implementación Conjunta. Las Unidades de Remoción de Emisiones solamente pueden ser usadas por los países dentro del período de compromiso durante el cual fueron generadas, y son para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones. Estos créditos no pueden ser considerados en períodos de compromiso posteriores. <sup>(15)</sup>

Las transacciones de bonos pueden ser desde una simple compra o venta de una cantidad específica de bonos, hasta una estructura de compra-venta con diversas opciones. Algunas de las opciones son las siguientes <sup>(15)</sup>:

#### **Compras Spot:**

El precio del bono y la cantidad de bonos se acuerdan en la fecha del acuerdo de compra-venta pero la entrega y el pago del bono se realizan en una fecha futura cercana. Se puede considerar como si la compra-venta ocurriera en el momento, aunque pasen unos días entre el pago y la entrega. Esto se hace para asegurar un precio conveniente para ambas partes y para reducir el riesgo de que el bono no se venda en el futuro. <sup>(15)</sup>

#### **Contratos de entrega futura:**

Se acuerda la compra-venta de una cantidad específica de bonos al precio de mercado actual, pero el pago y la entrega se realizarán en fechas futuras, generalmente de acuerdo a un cierto calendario de entregas. <sup>(15)</sup>

#### **Opciones:**

Las partes compran o venden la opción (el derecho a decidir) sobre si la venta se realizará o no en una fecha y a un precio pactados. De esta manera, el comprador tiene el derecho a comprar la cantidad de bonos ofrecida por el vendedor, pero no tiene la obligación de comprarlos una vez llegada la fecha



acordada. Las condiciones de precio, cantidad y fecha de entrega de los bonos se acuerdan el día de elaboración del contrato, y también se acuerda una fecha que marca la fecha límite para que el comprador mantenga su derecho de compra. En este caso, el vendedor está a la expectativa y depende de la decisión del comprador, pero si la compra-venta se realiza, el comprador le pagará una cantidad adicional denominada “premium”. <sup>(15)</sup>

Todas las operaciones de compra-venta en el comercio de bonos de carbono están regidas por un contrato entre el comprador y el vendedor. <sup>(15)</sup>

Todo este mecanismo del mercado de bonos de carbono ofreciendo incentivos económicos trata de que si una empresa o gobierno es capaz de disminuir sus emisiones de CO<sub>2</sub> puede vender esta reducción a países desarrollados que se encuentren obligados a emitir menos gases, generando beneficios para la sociedad. Estos países también podrían cofinanciar los proyectos de captura o abatimiento de estos gases en otras naciones (principalmente en vías de desarrollo), acreditando tales disminuciones como propias, es decir, como si hubieran sido realizadas en su propio territorio. Esto abarata significativamente los costos de cumplimiento.

Por ejemplo, si una empresa mexicana registra ante Naciones Unidas un proyecto de energía limpia que evitará liberar a la atmósfera 100,000 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> durante 7 años. Donde el costo de la gestión y registro de un Mecanismo de Desarrollo Limpio es de, aproximadamente, 100,000 dólares, el valor de la inversión en el proyecto es de 4 millones de dólares y el costo del monitoreo, validación y certificación es de 30,000 dólares anuales. Considerando que el precio de un Certificado de Reducción de Emisiones (CER) en el mercado es de 25 dólares, y los CERs los compra una empresa europea que necesita cumplir su cuota de reducción de emisiones. La multa por no cumplir con las reducciones es de 60 dólares por tonelada emitida durante un año. Entonces, la empresa mexicana tendrá, cada año, durante 7 años, ingresos por bonos de carbono por 2.5 millones de dólares:

$$100,000 \text{ CERs} \times \$25.00 \text{ USD} = 2,500,000 \text{ USD}$$

Por lo que el valor de la inversión, que es de USD 4,000,000 se recuperara en menos de dos años.

Los Bonos de Carbono permiten al desarrollador de un proyecto obtener un ingreso adicional por la venta en los mercados internacionales de la reducción de emisiones que el proyecto evita.



La posición actual de México dentro del Protocolo de Kioto ofrece una oportunidad crucial para aprovechar proyectos de Desarrollo de Mecanismo Limpio. Esto es, que al no formar parte de los países del Anexo I, México no se ve obligado a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero, lo cual le permite ser vendedor de Certificados de Reducción de Emisiones a países que sí forman parte del Anexo I y están obligados a Reducir tales emisiones.

### **III.1 MERCADO DE BONOS DE CARBONO**

Los mercados de bonos de carbono comenzaron a desarrollarse a partir de 2001. Durante 2003 se comercializaron 78 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e. En 2005 el mercado dió un salto que lo llevo comercializar 799 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por un valor de 9 mil 401 millones de Euros. En 2006 se comercializaron 1 mil 600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por un valor de 22 mil 500 millones de Euros. El mercado de permisos de emisiones de la Unión Europea y el mercado de Reducciones Certificadas de Emisiones del Mecanismo para un Desarrollo Limpio son los de mayor participación entre los actuales mercados de bonos de carbono. El mercado líder, que es el ETS de la Unión Europea, ha manifestado fuertes fluctuaciones de precios que reflejan algunas deficiencias por redistribución de permisos de emisión en su primera fase. Constituye sin embargo un referente internacional muy exitoso. <sup>(5)</sup>

Considerando que los compromisos de las Partes Anexo B del Protocolo de Kioto implican un esfuerzo de reducción de poco más de 5 mil millones de toneladas de Co<sub>2</sub>e durante el periodo comprendido entre 2008 y 2012 y que estos países posiblemente no puedan reducir por sí solos más de 2 mil 500 millones de toneladas, las expectativas del mercado MDL son amplias para el primer periodo de cumplimiento que concluye en 2012. Es decir, se configura una demanda potencial de Reducciones Certificadas de Emisiones de al menos 400 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por año, por lo que esta demanda podría incrementarse notoriamente de aquí al 2012. <sup>(5)</sup>

Conforme aumenta la demanda por Reducciones Certificadas de Emisiones se generaliza el interés por desarrollar la oferta y se consolida el mercado. Las Partes Anexo B están constituyendo fondos gubernamentales o privados para apoyar el desarrollo de proyectos MDL y obtener RCE. En estos fondos pueden participar empresas de servicios e inversionistas que obtienen utilidades por el



servicio, el riesgo asumido o el capital proporcionado. Por su parte, en los países no-Anexo I se han desarrollado también iniciativas para crear fondos propios, entre los que destacan: el Fondo Argentino para el MDL, el mercado del Brazilian Mercantile and Future Exchange y el proyecto de crear el Fondo Centroamericano de Carbono con sede en Panamá. En México, la SEMARNAT promovió, con el apoyo del Centro Mario Molina de Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) y mediante la SHCP, la creación de un fondo mexicano de carbono, el FOMECAR, constituido en el Banco de Mexicano de Comercio Exterior (BANCOMEXT/NAFIN).<sup>(5)</sup>

México tiene importantes oportunidades de negocio en este creciente mercado por los nichos que aún no se han desarrollado y por no ser miembro del Anexo 1, entre otras razones. Al ser un país No Anexo I, no tiene compromisos cuantitativos en la reducción de emisiones de GEI, aunque si debe formular inventarios e implementar programas de mitigación de emisiones, además de que tiene la oportunidad de aprovechar el mercado de reducción de emisiones.

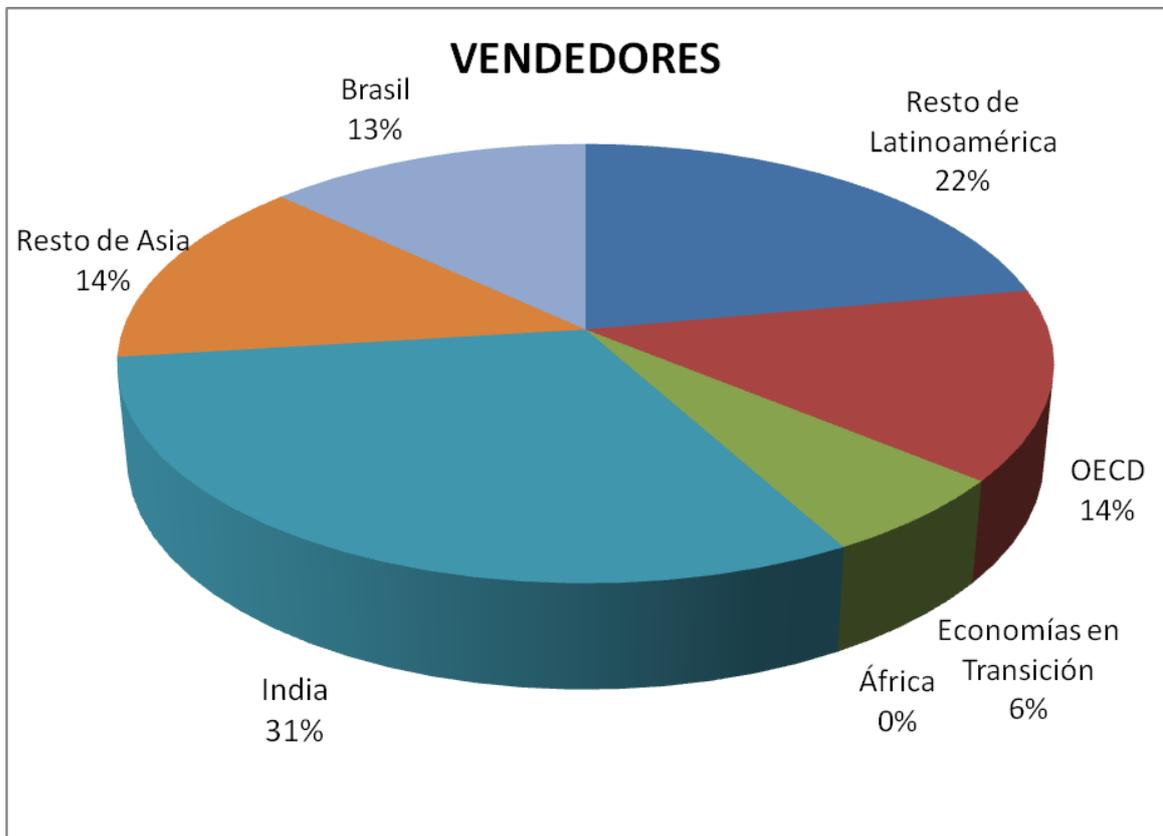
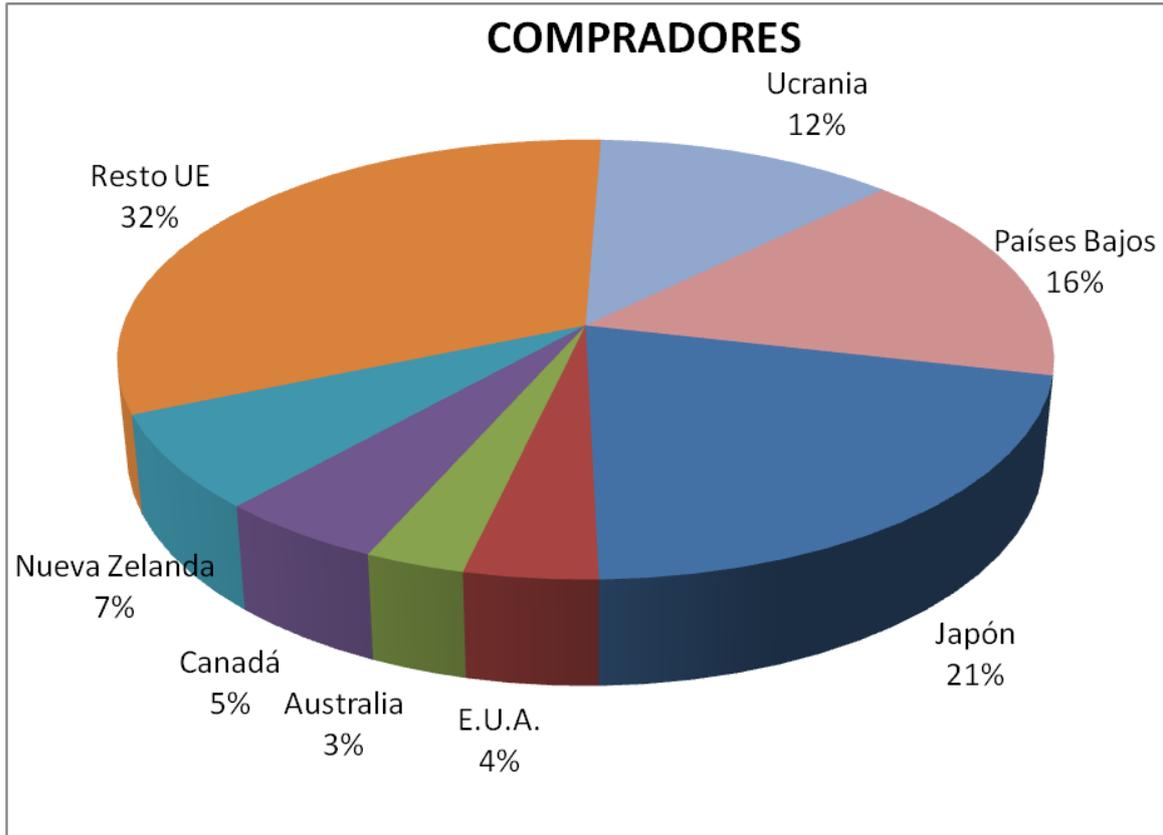
México ha realizado convenios para la implementación de proyectos MDL con<sup>(14)</sup>:

- Austria
- España
- Banco Japonés para la Cooperación Internacional
- Francia
- Canadá
- Holanda
- Dinamarca
- Italia

El mercado, a abril de 2005, en cuanto a los compradores y vendedores se distribuye de la siguiente manera<sup>(14)</sup>:

COMPRADORES	
Japón	21%
E.U.A.	4%
Australia	3%
Canadá	5%
Nueva Zelanda	7%
Resto UE	32%
Ucrania	12%
Países Bajos	16%

VENEDORES	
Resto de Latinoamérica	22%
OECD	14%
Economías en Transición	6%
África	0%
India	31%
Resto de Asia	14%
Brasil	13%





Uno de los mercados de Bonos de Carbono más importantes a nivel Mundial es el European Climate Exchange.

### **III.1.1 EUROPEAN CLIMATE EXCHANGE**

El European Climate Exchange (ECX) es el mercado líder para el comercio de emisiones de dióxido de carbono en Europa e internacionalmente. <sup>(8)</sup>

El ECX actualmente comercia dos tipos de créditos de carbono: EU Asignados (EUAs) y Certificados de Reducción de Emisiones (CERs). <sup>(8)</sup>

El comercio en ECX comenzó en abril de 2005, cuando se lanzaron los contratos futuros de emisiones de dióxido de carbono en Europa, conocidos como EU Asignados, con opción en EUAs en octubre de 2006. Los futuros y opciones en CERs fueron introducidos en 2008, consolidando además la posición del ECX como la principal industria en el comercio global de carbono. En 2009, dos nuevos contratos tipo spot fueron añadidos, contratos Futuros Diarios de EUA y CER. <sup>(8)</sup>

La capacidad de comercio del ECX está experimentando un tremendo crecimiento. En 2009, esta capacidad se incremento 82% interanual, equivalente a 68 billones de Euros. <sup>(8)</sup>

El principal proveedor de información relacionada con los mercados de carbono es Point Carbon.



### III.1.2 POINT CARBON

Point Carbon es un líder mundial proveedor de noticias independientes, análisis y servicios de consulta para los mercados de gas y carbono de Europa y el mundo. Point Carbon proporciona servicios profesionales detallados con información de los movimientos del mercado a través del monitoreo de información fundamental, mercados importantes y negocios y políticas desarrolladas. <sup>(20)</sup>

Point Carbon fue fundado en el año 2000, establecido sobre una misión, la de proveer información crítica de los mercados de carbono y energía. Pionero en los servicios de mercado de carbono y energía, Point Carbon ha madurado con la rapidez en que se desarrollan de los mercados ambientales del mundo. <sup>(20)</sup>

Point Carbon tiene profundo conocimiento en cuanto a energía, las dinámicas del mercado de emisiones de gas y CO<sub>2</sub> que lo posicionan como el proveedor número uno de información del mercado. Su personal incluye expertos en políticas climáticas internacionales y regionales, modelado matemático y económico, metodologías de pronóstico, administración del riesgo e informes del mercado. <sup>(20)</sup>

Point Carbon, ahora, tiene más de 30,000 clientes, incluyendo las principales compañías energéticas del mundo, instituciones financieras, organizaciones y gobiernos, en más de 150 países. Los informes son traducidos del Inglés al japonés, chino, portugués, francés y español. <sup>(20)</sup>

### III.2 PRECIO DE LOS BONOS DE CARBONO

No hay un valor “oficial” sobre el precio de una tonelada de CO<sub>2</sub> reducida o no emitida. Aunque algunas agencias multilaterales han establecido ciertos precios para los proyectos de reducción de emisiones financiados por ellas mismas (por ejemplo, hasta 2005, el Banco Mundial empleaba un precio de \$5 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente no emitida), el precio de la tonelada está sujeto a oferta y demanda de bonos de carbono en el mercado. <sup>(15)</sup>

Dado que existen diferentes esquemas para el comercio de los bonos y diferentes sitios del mundo donde se pueden comprar y vender, pueden existir precios diferentes por cada tonelada de CO<sub>2</sub>. <sup>(15)</sup>



De acuerdo con el European Climate Exchange, el precio para los Certificados de Reducción de Emisiones (CER) al 25 de enero de 2010 es de 11.98 Euros en un contrato tipo spot.

En el Point Carbon se establece un precio de 11.71 Euros para los CERs para el mismo día, en contrato futuro a diciembre de este año.

Como se puede observar los precios no varían tanto, pero aun así es importante el buscar diversas alternativas en el mercado internacional, ya que es un mercado volátil.

### **III.3 FONDO MEXICANO DE CARBONO**

El cambio climático ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero constituye uno de los retos ambientales, políticos, sociales económicos más importantes que enfrenta actualmente la humanidad. Promover la reducción de emisiones a través del desarrollo de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).<sup>(9)</sup>

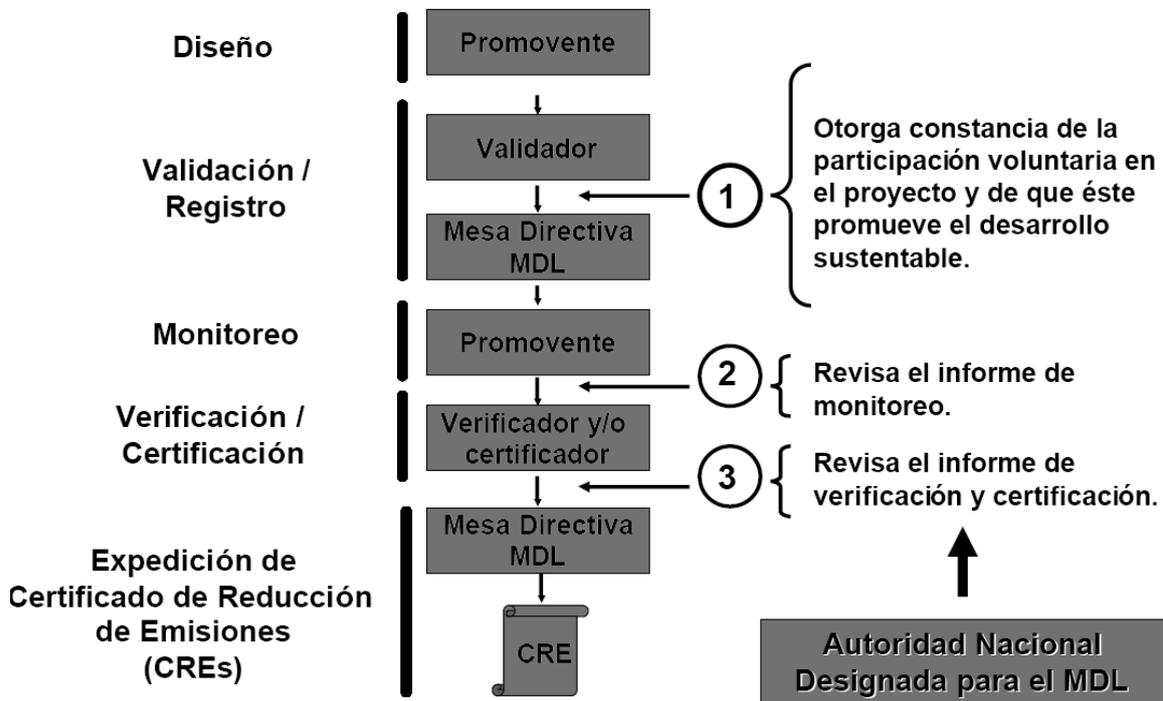
En el marco del Protocolo de Kyoto, implementado por la Organización de las Naciones Unidas, se definen diversas líneas de acción entre las que destaca la participación de países como México en acciones tendientes a promover la reducción de emisiones a través del desarrollo de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), los cuales generan ingresos y se comercializan en el mercado de carbono.<sup>(1)</sup>

Un Mecanismo para el Desarrollo Limpio busca<sup>(2)</sup>:

- Que reduzca o elimine la emisión de gases de efecto invernadero
- Una adecuada gestión del medio ambiente
- Que contribuya al desarrollo sustentable del país
- Que cuente con viabilidad técnica
- Que sea un proyecto financieramente viable

El ciclo que debe seguir un proyecto de Desarrollo de Mecanismo Limpio según el Protocolo de Kioto es el siguiente<sup>(14)</sup>:

## Ciclo de proyectos del MDL de acuerdo con el PK



El Fondo Mexicano de Carbono (FOMECAR) surge de la iniciativa conjunta de instituciones mexicanas con el fin de apoyar a la comunidad empresarial y entidades del sector público del país para que realicen proyectos bajo el MDL y otros que promuevan el desarrollo sustentable. <sup>(1)</sup>

BANCOMEXT ha implementado un programa de financiamiento para proyectos sustentables, contratando líneas de crédito para tal objeto con organismos multilaterales y bancos de desarrollo como serían, el Japan Bank for International Cooperation (JBIC), el banco de desarrollo alemán KfW y el Banco Europeo de Inversiones (BEI) entre otras negociaciones que se encuentra realizando. <sup>(10)</sup>

FOMECAR es un fideicomiso sin fines de lucro que apoya técnica y financieramente a proyectos MDL en México. <sup>(10)</sup>

Con la finalidad de contribuir a la Estrategia Nacional de Cambio Climático, en el 2006, el Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C. (BANCOMEXT) estableció conjuntamente con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C. (CMM) el fideicomiso denominado Fondo Mexicano de



Carbono, Capítulo Uno (FOMECAR) con objeto de crear un mecanismo de captación y canalización de recursos orientados hacia <sup>(10)</sup>:

- a) La promoción e identificación de potenciales proyectos que se desarrollen en México elegibles para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y/o que por sus características generen reducciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), para que puedan registrarse e implementarse bajo el MDL u otros mecanismos que contribuyan a la reducción de GEI.
- b) Proporcionar asistencia técnica y financiera relacionada con proyectos que pudieran desarrollarse en México elegibles para el MDL y/u otros mecanismos que por sus características generen reducciones de emisiones de GEI.
- c) Implementar acciones que permitan la difusión de una cultura de reducción de emisiones de GEI en México.

El órgano rector del FOMECAR es su Comité Técnico, integrado por cuatro miembros propietarios y sus respectivos suplentes designados dos por BANCOMEXT y dos por el Centro Mario Molina. Adicionalmente, son invitados permanentes un representante de la SEMARNAT, uno de parte de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) representado por la Secretaría de Energía y dos representantes de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). <sup>(10)</sup>

Dentro de las actividades que pueden ser apoyadas con recursos del FOMECAR se encuentran: capacitación para empresas sobre proyectos MDL, organización de seminarios y talleres, asistencia técnica sobre la viabilidad de estos proyectos, apoyo financiero para la elaboración de Metodologías, elaboración de PIN's (Project Idea Notes), PDD's (Project Design Documents), gastos de Validación y Registro de proyectos que potencialmente puedan generar bonos de carbono bajo el MDL u otros mercados alternativos como el mercado voluntario de los Estados Unidos. <sup>(10)</sup>

Las actividades que realiza el FOMECAR están definidas en un programa de trabajo que es autorizado anualmente por su Comité Técnico. Los beneficiarios de los apoyos financieros que otorga FOMECAR se comprometen a reembolsar el apoyo recibido más una comisión de éxito, una vez que generen bonos de carbono. Además de apoyar proyectos, FOMECAR está promoviendo el desarrollo de esquemas programáticos MDL (PoAs) de cobertura nacional y/o sectorial que incluyen el desarrollo de proyectos de pequeña escala, que son ampliamente replicables. Estos programas contemplan: eficiencia energética,



rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de agua, forestales y energía renovable, entre otros. <sup>(10)</sup>

Para llevar a cabo lo anterior, FOMECAR suscribe acuerdos de cooperación con entidades paraestatales, con Gobiernos municipales y estatales, con empresas privadas y con asociaciones civiles, con el fin de implementar la ejecución de estos programas prioritarios y de gran impacto. <sup>(10)</sup>

### III.4 EJEMPLOS DE BONOS DE CARBONO EN MÉXICO

En la última década, México ha avanzado hacia una política nacional que busca impulsar significativamente sus esfuerzos para mitigar la emisión de Gases de efecto invernadero. Las políticas energéticas han buscado de manera simultánea tomar en cuenta aspectos relacionados con la eficiencia energética y la conservación de la energía, desarrollado energías renovables y combustibles más limpios. La importancia de estos esfuerzos no puede ser subestimada si se considera la vulnerabilidad del país a los efectos del cambio climático. <sup>(11)</sup>

Un ejemplo de Bonos de Carbono en el país, es el caso del Metrobús en la Ciudad de México, por el cual el Gobierno del Distrito Federal recibió un millón 780 mil pesos en junio del 2007, ya que en sus dos primeros años de operación, redujo en 29 mil toneladas la emisión de contaminantes a la atmósfera. El Banco Mundial fue quien otorgó, al GDF, bonos de carbono, llamados también Bonos Verdes, por los logros del Metrobús

Un fragmento de la noticia publicada el 18 de junio de 2007 en el diario La Jornada <sup>(16)</sup> se enuncia a continuación.

*El Banco Mundial entregó a la administración capitalina un primer bono de carbono, de los 10 comprometidos, por un millón 780 mil pesos, al lograr con un sistema de transporte "limpio", como el Metrobús de Insurgentes, una disminución de 29 mil 177 toneladas de bióxido de carbono a la atmósfera, que contribuye a mitigar el efecto invernadero y el calentamiento climático.*

*A dos años de iniciar operaciones -19 de junio de 2005- no sólo se ha convertido en el primer sistema de transporte descentralizado en el mundo que recibe este respaldo financiero en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), sino que ha logrado movilizar a 145 millones de pasajeros, casi 275 mil en promedio en día hábil.*



*Ni siquiera el Transmilenio, pionero en corredores confinados, cuenta con un respaldo de este tipo, debido a que carece de un sistema de medición de partículas, como el que tiene la ciudad de México, con lo cual está asegurado el apoyo económico durante los próximos 9 años, pues la institución financiera mundial ya entregó el correspondiente a enero-diciembre de 2006.*

*Se trata de la primera operación de financiamiento con bonos de carbono en el sector, donde se estima una reducción total de 354 mil toneladas, la cual será verificada por la empresa holandesa DND, organismo internacional certificado.*

Otro ejemplo de Bonos de Carbono en México se presentó en Monterrey, Nuevo León, donde la empresa Alfa recibió certificados de bonos de carbono por 65 millones de pesos al año, por reducir la emisión de GEI en 260 mil toneladas al año, al poner en marcha un mecanismo por medio del cual recupera los vapores y otros gases de baja calidad energética que genera en sus procesos productivos, para reutilizarlos en la generación de energía eléctrica.

A continuación se cita la noticia publicada en el diario Milenio <sup>(17)</sup> el 10 de diciembre de 2009.

*El conglomerado Alfa a través de su filial Petrotemex logró reducir en Tamaulipas la emisión de gases a la atmósfera en 260 mil toneladas al año.*

*Las acciones que a partir de 2005 comenzó a tomar en Petrotemex, fueron reconocidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ya que al evitar ese escape de dióxido de carbono y reciclar vapor y gases, fue motivo para que recibiera sus primeros Bonos de Carbono.*

*“Nunca antes en el mundo se había realizado un proyecto similar, ni se habían fabricado equipos de las dimensiones y características requeridas por el proyecto”, destacó Dionisio Garza Medina, presidente del consejo de administración de Grupo Alfa.*

*En la actualidad esa reducción de gases se estima en 13 euros por tonelada.*

*En 2005 Alfa destinó 35 millones de dólares a ese plan verde y fue hasta 2008 cuando lo registró en la ONU. Posteriormente la empresa logró recuperar ese monto económico ante los ahorros obtenidos con la generación de energía eléctrica.*



*Enrique Flores, director de Comunicación Corporativa, informó que el plan de Petrotemex es un proyecto único en su tipo en México, y a la medida de la planta que operan en Altamira.*

*“Es un mecanismo de desarrollo limpio, el primero de su tipo en México, se diseñaron equipos que permiten recuperar vapores y otros gases, en lugar de regresarlos a la atmósfera, y que permiten generar electricidad. El valor de los bonos es de 65 millones de pesos al año”.*



## ***IV EMISIÓN DE GEI EN EMBALSES DE PRESAS***

Muchas veces la energía hidroeléctrica es considerada una tecnología “amigable con el ambiente”, sin embargo los estudios científicos indican que la descomposición de la materia orgánica en los embalses produce cantidades significativas de gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. El impacto de los embalses tropicales puede ser mucho más alto incluso comparado con las plantas más contaminantes de combustibles fósiles.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se forma por la descomposición del carbono orgánico presente en el embalse. Las principales fuentes de este carbono son la vegetación y los suelos inundados al llenarse el embalse por primera vez, la materia orgánica transportada por el río (proveniente de ecosistemas naturales, granjas o aguas residuales de las ciudades), el plancton y las plantas acuáticas que crecen y mueren en el embalse, y la vegetación que crece en el suelo temporalmente expuesto durante periodos en los que el embalse se encuentra con poco agua.

Los embalses emiten gases de efecto invernadero por la putrefacción de la vegetación y los suelos inundados y la materia orgánica que llega hasta el embalse de su área de captación. La Comisión Mundial de Presas (WCD, por sus siglas en inglés) estima que quizá entre el 1 y el 28 por ciento de las emisiones mundiales de estos gases proviene de las aguas embalsadas. En algunos casos, las emisiones de un embalse pueden ser iguales o mayores a las que tendría una central eléctrica. Las emisiones son mayores en los embalses tropicales de poca profundidad.

Un esquema general del como ocurre la emisión de dióxido de carbono y de metano en los embalses es el siguiente:

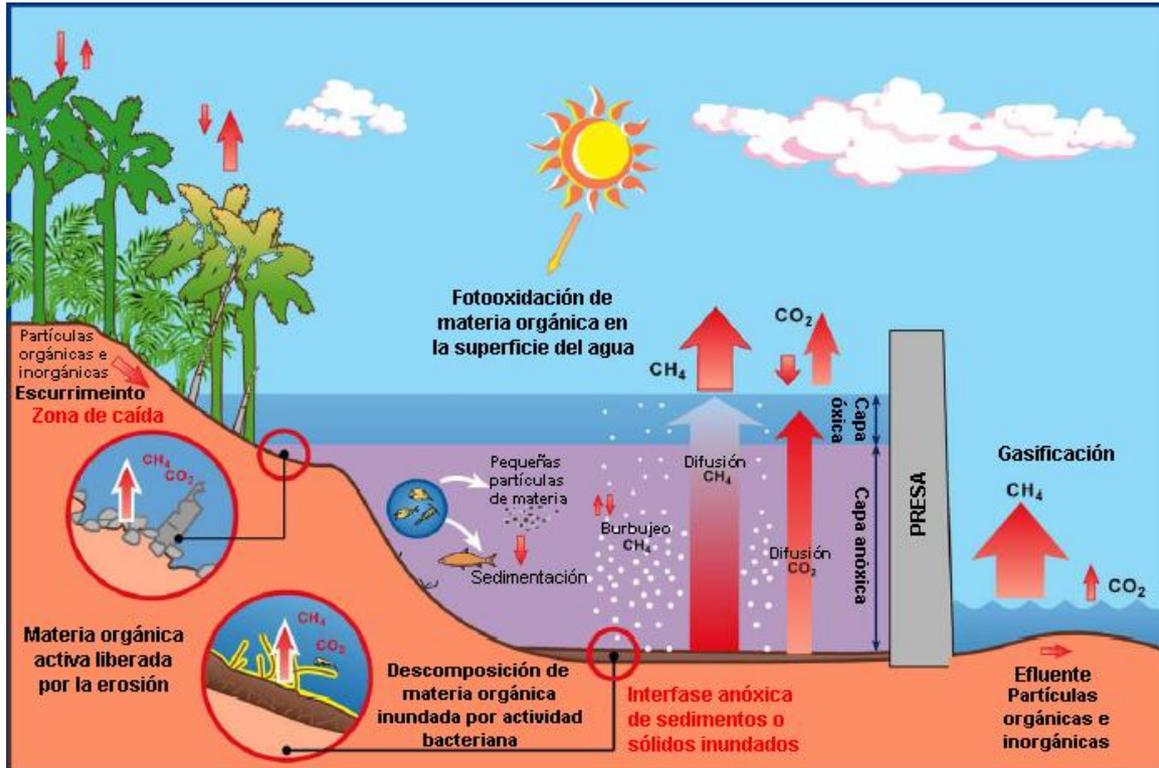


Figura 5.1 Esquema de la emisión de GEI en embalses

Se ha llegado a valores promedio de las emisiones de dióxido de carbono y metano en los embalses templados y tropicales, a partir de varios estudios que se han llevado a cabo en distintos países, tales como Canadá, Brasil, España, Francia, Finlandia, Guiana Francesa, EUA, entre otros. Tales valores promedio se muestran en la siguiente tabla:

Emisiones estimadas de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y C total en la superficies de embalses globalmente							
	Área superficial global de embalses (x 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	Emisión por área (mg / m <sup>2</sup> d)		Emisiones globales de embalses			
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C total	CO <sub>2</sub> equivalente <sup>a</sup>
Embalses Templados	0.9	1400	20	3 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.7	3
Embalses Tropicales	0.6	3500	300	7	0.6	2	20
Todos los embalses combinados	1.5			10	0.7	3	23
Otras emisiones antropogénicas				260 <sup>c</sup>	3.8 <sup>d</sup>	74	339
<b>% de emisiones antropogénicas</b>				<b>4</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>7</b>

<sup>a</sup> Un factor de conversión de 21 fue usado por el potencial de calentamiento global (potencial de calentamiento global en una masa base; efectos directos e indirectos) de CH<sub>4</sub> como CO<sub>2</sub> para un periodo de 100 años, la vida aproximada de un embalse.  
<sup>b</sup> Los Embalses templados fueron considerados libres de hielo por 200 días en promedio  
<sup>c</sup> Las emisiones promedio anuales de CO<sub>2</sub> (1980-1989) incluyen aquellas de combustible fósil y producción de cemento (5.5 Gt/año de carbón) y cambios en uso de tierra tropical (1.6 Gt/año de carbón). Las emisiones de carbón han sido convertidas a CO<sub>2</sub> para comparación  
<sup>d</sup> Las fuentes antropogénicas estimadas incluyen emisiones por combustión de combustible fósil (100 Tg/año de CH<sub>4</sub>), manejo de residuos (90 Tg/año de CH<sub>4</sub>), fermentación entérica (85 Tg/año de CH<sub>4</sub>), quema de biomasa (40 Tg/año de CH<sub>4</sub>), y paja de arroz (60 Tg/año de CH<sub>4</sub>)  
Fuente: St Louis et al. 2000

Tabla 5.1 Valores promedio de emisiones de GEI en embalses



## IV.1 PRINCIPALES FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE GEI

Es conocido que los factores que intervienen en la emisión de GEI de los embalses y cuerpos de agua natural son la temperatura, la forma y profundidad, el área del embalse, el tiempo de retención hidráulica, la edad, el tipo de ecosistema inundado durante el llenado, el sistema de oxigenación, la entrada de carbono (materia orgánica) y nutrientes al embalse, la productividad primaria que tenga lugar y la condiciones prevalecientes en su cuenca (erosión, deforestación, condiciones sanitarias, entre otros). <sup>(6)</sup>

### **Área y forma del embalse.**

El área de los embalses es uno de los principales factores, ya que la emisión de GEI se mide por unidad de área ( $m^2$ ), aunque esto no significa que los embalses con áreas superficiales mayores siempre presenten las emisiones más grandes de cantidades de GEI a la atmósfera, puesto que depende de otros factores, como discutiremos posteriormente, pero en embalses con características similares, el área es un factor esencial en la emisión de GEI. La forma del embalse condiciona como circula y se desplaza el agua en él, lo que influye en la emisión de GEI. <sup>(6)</sup>

### **Profundidad y tiempo de retención hidráulico**

Los embalses con aguas profundas tienden a tener emisiones bajas de  $CH_4$ , posiblemente debido a que en esos sitios, las temperaturas que prevalecen son bajas y entonces las reacciones de estabilización de materia orgánica son lentas. Para embalses poco profundos, el criterio que determina la probabilidad y variabilidad de emisiones de metano requiere de mayor investigación científica. Es conocido que una capa superior de agua oxigenada juega un mayor papel en la oxidación de  $CH_4$  conforme asciende de los niveles más bajos del embalse. Debe tenerse en mente que los procesos de oxidación agotarán los niveles de oxígeno en esta capa superior, provocando que el metano deje de oxidarse y se emita a la atmósfera. <sup>(6)</sup>



## **Temperatura**

Las tasas de descomposición de materia orgánica en embalses tropicales son altas probablemente porque la temperatura del agua es mayor que en ecosistemas templados. Los embalses tropicales presentan tasas de emisión de CO<sub>2</sub> y de CH<sub>4</sub>, más altas que los embalses templados. <sup>(21)</sup>

## **Edad del embalse de la presa o del lago artificial o natural**

La edad del embalse también afecta las emisiones de GEI porque recién inundado, el carbono que se encuentra en hojas y basura, se descompone rápidamente, seguido por una descomposición lenta, después de algunos años, de los troncos y materia orgánica poco biodegradable. <sup>(6)</sup>

Estudios realizados en países avanzados, indican que la generación de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, tienden a disminuir durante la vida de una presa, siendo las emisiones más abundantes durante los primeros diez años de inundación y más lento después de este periodo. El proceso de transformación es más rápido en embalses y lagos de climas cálidos o tropicales. <sup>(6)</sup>

## **Hidrodinámica**

A pesar de que existe un gran número de embalses en el país, no se cuenta con información suficiente sobre el funcionamiento térmico y ecológico de estos cuerpos de agua, por lo que se requiere mayor investigación para entender los fenómenos que tienen lugar en los embalses: mezcla, dilución y transporte de contaminantes, así como el flujo, las velocidades y el movimiento que siguen los sedimentos (sedimentación y resuspensión), además de la aplicación de modelos que simulen los fenómenos hidrodinámicos. <sup>(6)</sup>

## **Fluctuaciones climáticas e hidrológicas (viento, lluvia, temperatura).**

Son dos factores importantes que inciden en el comportamiento de los embalses naturales y artificiales, sin embargo, en lo que se refiere a las presas los estudios que relacionen estos parámetros con el comportamiento del embalse, son escasos, a pesar de que es conocido que la dinámica de la cuenca hidrológica donde se localizan los embalses de presas, tienen efecto sobre la calidad del agua y movimiento de los sedimentos. La lluvia y la temperatura, influyen sobre la calidad del agua y sobre la seguridad estructural y funcional. Las condiciones



atmosféricas que prevalecen en el sitio del embalse, determinan que se trate de un sitio tropical, templado o seco, y estas condiciones están relacionadas con su comportamiento. <sup>(6)</sup>

### **Producción primaria**

Los productores primarios son los organismos que hacen entrar la energía en los ecosistemas. Los principales productores primarios son las plantas verdes terrestres y acuáticas, incluidas las algas y algunas bacterias. <sup>(23)</sup>

La alta producción primaria en embalses puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera a través de la fijación de CO<sub>2</sub> por algas durante el verano, pero mucho de este carbono es más tarde descompuesto y regresado a la atmósfera. <sup>(6)</sup>

### **Entrada de carbono (materia orgánica) y salida del mismo (en forma de gas)**

Durante la inundación de tierras y vegetación para formar el embalse de la presa, queda atrapada gran cantidad de materia orgánica que es portadora de carbono, de igual forma durante su operación recibe de sus fuentes tributarias, una cantidad significativa de materiales carbonosos y si a estos efluentes se les suma las descargas de aguas residuales crudas o tratadas de asentamientos humanos en los alrededores del embalse y las aguas de retorno agrícola, además del sedimento que le llega de las lluvias, cuando el suelo está erosionado, entonces el embalse de la presa está recibiendo constantemente materiales con componentes de carbono. Por otra parte, la descomposición anaerobia de los materiales orgánicos, particularmente los que sedimentan, dan lugar a la salida de carbono en forma de GEI, como es el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub>, principalmente. <sup>(6)</sup>

En general, las emisiones por unidad de área de GEI en embalses son proporcionales a la cantidad de carbón orgánico que es inundado al crear el embalse. Es importante destacar que el mayor impacto de estos gases sobre el calentamiento global, lo tiene el CH<sub>4</sub>, puesto que se ha demostrado que es 21 veces más energético que el CO<sub>2</sub>. <sup>(6)</sup>

## Actividades antropogénicas alrededor del embalse y en la zona de captación (cuenca alimentadora).

Actividades como la agricultura es una de las que pueden influir en la cantidad de carbón orgánico al embalse. La presencia de asentamientos humanos, en los alrededores del embalse, genera aguas residuales que, por lo general, son descargadas al embalse, lo que provoca un aumento significativo en la cantidad de carbono orgánico y esto induce a mayores emisiones de GEI a la atmósfera. Por otra parte, la deforestación en la cuenca de la presa constituye una fuente de ingreso de sedimentos que junto con material orgánico, contribuyen al incremento en la generación de gases de efecto invernadero. <sup>(6)</sup>

## IV.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE GEI EN EMBALSES

Uno de los métodos más utilizados para la obtención de muestras de las emisiones de gases en los embalses es el de las cámaras estáticas flotantes.

Son usadas para estimar la emisión de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  de la superficie del embalse, calculando la tasa lineal de gas acumulado en las cámaras en un determinado tiempo de muestreo. <sup>(6)</sup>

La cámara consiste en un prisma rectangular de acrílico abierto en la parte baja. Las paredes de la cámara estática son cubiertas con hojas de poliéster aluminizado para reducir el efecto del calentamiento por radiación infrarroja. Un collar de poliestireno es fijado alrededor de la cámara para asegurar que se mantenga suspendida la caja de gases por encima de la superficie del agua. <sup>(6)</sup>

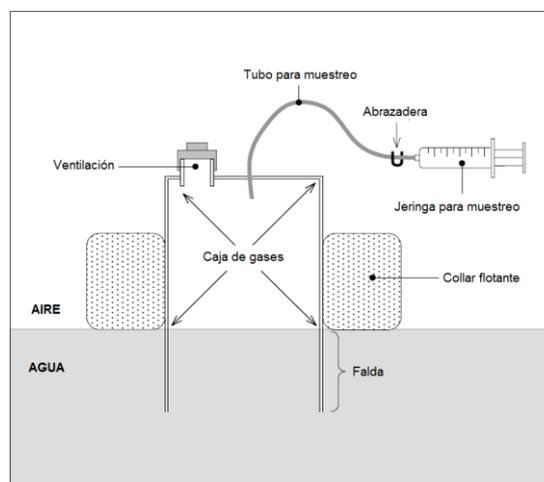


Figura 5.2 esquema de la cámara estática flotante

Asumiendo que, la variación de las concentraciones de gas dentro de la caja de gases de la cámara estática es una función de primer orden, las emisiones de  $\text{CO}_2$  son calculadas usando una regresión lineal basada en el cambio de concentración como una función del tiempo. <sup>(6)</sup>

El muestreo de gases con este método se realiza cada 15 minutos y la muestra tiene un volumen de 30 ml. <sup>(6)</sup>



Figura 5.3 Cámara estática flotante

### IV.3 PRESAS EN ESTUDIO

Para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en embalses de presas de México y su consecuente valoración económica se ha seleccionado una muestra de cinco presas de las 45 que han sido construidas en los últimos diez años. Las cinco presas seleccionadas son:

- Paso de Vaqueros, Guanajuato.
- Situriachi, Chihuahua.
- El Gallo, Guerrero.
- El Tigre, Durango.
- Las Blancas, Tamaulipas.



Figura 5.4 Localización geográfica de las presas en estudio

### IV.3.1 PRESA PASO DE VAQUEROS

La zona elegida para la construcción de la Presa Paso de Vaqueros esta sobre el río Santiaguillo en el municipio de San Luis de la Paz en el estado de Guanajuato. La construcción de esta presa comenzó el 8 de agosto del 2000 y se termino en octubre de 2005. Está a cargo del Gobierno del Estado y el objeto principal de esta obra es el abastecimiento de agua potable que traerá beneficios a 40 mil habitantes aproximadamente.

La figura 5.5 muestra una imagen satelital de la Presa Paso de Vaqueros.

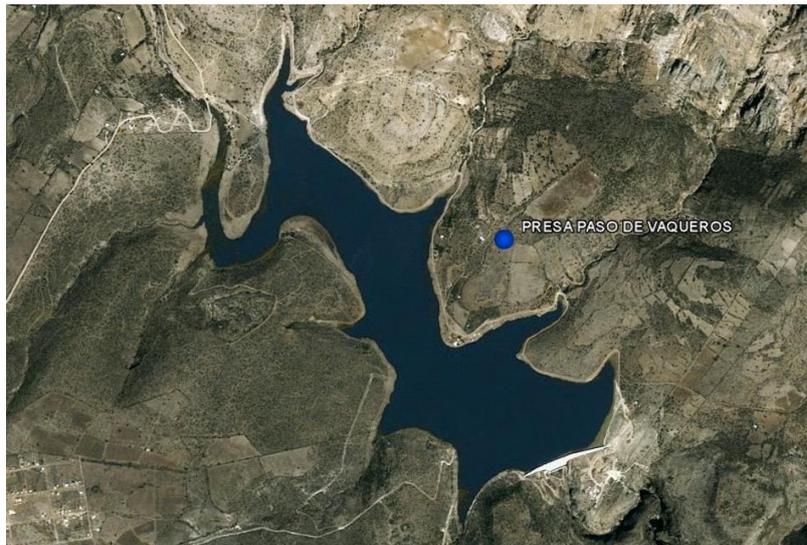


Figura 5.5 Presa Paso de Vaqueros

La Presa Paso de Vaqueros ayudará a abatir la problemática relacionada con el abastecimiento de agua potable en la cabecera municipal de San Luis de la Paz, para los próximos treinta años. <sup>(18)</sup>

La presa consta de una cortina de concreto del tipo gravedad, cuya altura máxima es de 52.30 metros, con una longitud de corona de 461.80 m y un ancho de corona de 3.5 m. Su talud aguas arriba es de 0.10:1 y el talud aguas abajo es de 0.7:1

La presa cuenta además con una obra de toma del tipo torre-galería con tres compuertas deslizantes y dos válvulas tipo compuerta. El vertedor es de cresta libre con una longitud de cresta de 87.4 m.

Tiene una capacidad de almacenamiento de 11.75 hm<sup>3</sup> al NAMO, para una demanda de 250 litros por segundo, que son destinados a la cabecera municipal de San Luis de la Paz y a las comunidades del Reacomodo y Chichimequillas.

El área del embalse al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) es de 123 hectáreas.

### IV.3.2 PRESA SITURIACHI

La Presa Situriachi se encuentra construida sobre el cauce del río Situriachi en el municipio de Bocoyna en el estado de Chihuahua. La construcción de esta presa se terminó en el año de 2004. Está a cargo del Gobierno del Estado y de la Comisión Nacional del Agua. Los propósitos de esta obra son el abastecimiento de agua potable, el riego, además del control de incendios forestales y adicionalmente para fines recreativos.

En la siguiente figura se muestra una imagen satelital de la Presa Situriachi.

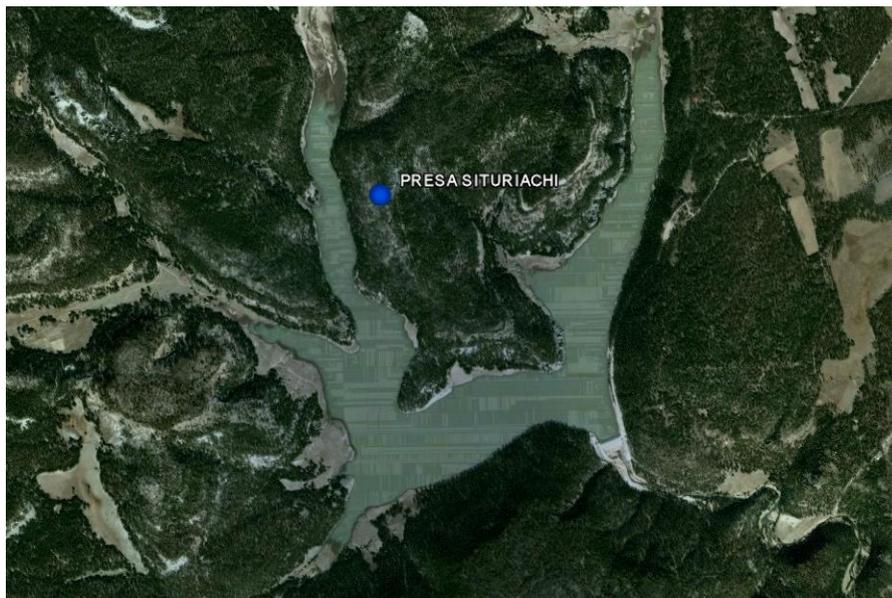


Figura 5.6 Presa Situriachi

Con la construcción de la Presa Situriachi se aumentará el control y aprovechamiento de los escurrimientos de la cuenca Bravo-Conchos.

La presa consta de una cortina de materiales graduados, cuya altura máxima es de 22.0 metros, con una longitud de corona de 120.0 m y un ancho de corona de 8.0 m. Su talud aguas arriba es de 2:1 y el talud aguas abajo es de 2:1.

La presa cuenta además con tres obras de toma del tipo tubería a presión, dos de ellas con dos válvulas tipo mariposa y chorro divergente, y la otra con una compuerta de tipo charnela y una válvula de chorro divergente. El vertedor es de canal lateral con cresta libre, con una longitud de cresta de 40 metros.

Tiene una capacidad de almacenamiento de 9 hm<sup>3</sup> al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) y en el riego beneficia a una superficie de 200 hectáreas de cultivo.

El área del embalse al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) es de 158 hectáreas.

### IV.3.3 PRESA EL GALLO

La zona elegida para la construcción de la Presa El Gallo esta sobre la corriente del río Cutzamala en el municipio Cutzamala de Pinzón en el estado de Guerrero.

La construcción de esta presa comenzó a fines de los años 80's, pero se vio interrumpida por falta de presupuesto, se continuo en 1993, pero se volvió a interrumpir en 1995 por el mismo motivo y se retomo su construcción en 1997, para concluirla en el año de 1998. <sup>(3)</sup>

Está a cargo de la Comisión Nacional del Agua y objeto de esta obra es el almacenamiento de agua para irrigación y para la generación eléctrica. La figura 5.7 muestra una imagen satelital de la Presa El Gallo.

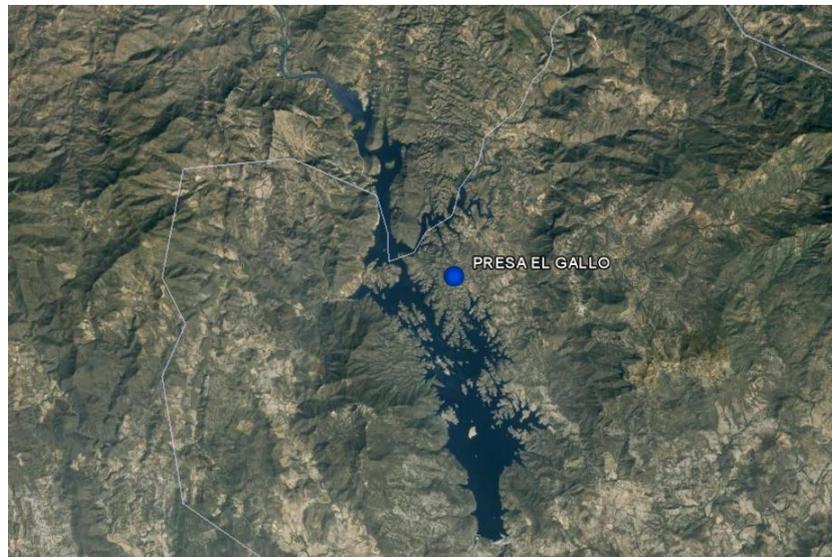


Figura 5.7 Presa El Gallo

La presa consta de una cortina de materiales graduados, cuya altura máxima es de 67.0 metros, con una longitud de corona de 490.0 m y un ancho de corona de 10.0 m. Su talud aguas arriba es de 2:1 y el talud aguas abajo también es de 2:1.

La presa cuenta además con una obra de toma del tipo túnel-lumbrera con cuatro compuertas rodantes. El vertedor es de abanico con cresta libre con una longitud de cresta de 200.0 m y se encuentra alojado en la margen derecha de la estructura.

Tiene una capacidad de almacenamiento de 410.5 hm<sup>3</sup> al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO), y en el riego beneficia a una superficie de 12 mil hectáreas de cultivo, además de que genera 60 KW/h. <sup>(3)</sup>

El área del embalse al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) es de 2550 hectáreas.

#### IV.3.4 PRESA EL TIGRE

La Presa El Tigre se encuentra construida sobre el cauce del Arroyo el Tigre en el municipio de San Juan de Guadalupe en el estado de Durango. La construcción de esta presa se terminó en el año de 2007. Está a cargo de los usuarios. El propósito principal de esta obra es el almacenamiento de agua para irrigación.

La siguiente figura muestra una imagen satelital de la Presa El Tigre



Figura 5.8 Presa El Tigre

Con la construcción de la Presa El Tigre se aumentará el aprovechamiento de los escurrimientos de la cuenca Nazas-Aguanaval. También se integraran al riego 1 600 hectáreas, con lo que se beneficiara a 509 familias.

La presa consta de una cortina de materiales graduados, cuya altura máxima es de 34.5 metros, con una longitud de corona de 484.53 m y un ancho de corona de 6.0 m.

La sección de la cortina está formada por un núcleo de arcilla, filtros de grava arena, respaldos de rezaga y enrocamiento de protección en los taludes exteriores. Se considero la construcción de un vertedor de cresta libre con cimacio tipo Creager, con una capacidad de mil metros cúbicos por segundo, el cual se complementara con un dique de 300 metros en la misma sección de la cortina, además de una obra de toma del tipo tubería a presión de 36 pulgadas de diámetro para dar un gasto de 2.4 m<sup>3</sup> por segundo. <sup>(7)</sup>

Tiene una capacidad de almacenamiento de 14 hm<sup>3</sup> al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) y el área del embalse al NAMO es de 175 hectáreas.

### IV.3.5 PRESA LAS BLANCAS

La Presa Las Blancas se encuentra construida sobre el cauce del río Álamo en el municipio de Mier en el estado de Tamaulipas. La construcción de esta presa se inició en 1997 y se terminó en el año de 2000. Está a cargo de la Comisión Nacional del Agua. El motivo por el cual se construyó esta obra es el de derivar el río Álamo a la presa Marte R. Gómez. Y en parte resolver el problema de riego que se tiene en la región. No obstante, también se le ha añadido otro propósito que es el control de avenidas y también se practica la pesca deportiva en el embalse de esta presa.

La figura 5.9 muestra una imagen satelital de la Presa Las Blancas



Figura 5.9 Presa Las Blancas

Con la construcción de la Presa Las Blancas mejorará el aprovechamiento de los escurrimientos de la cuenca Río Bravo-Sosa.

La presa consta de una cortina de gravedad de concreto compactado con rodillo, cuya altura máxima es de 32.38 metros, con una longitud de corona de 2 640 m y un ancho de corona de 5.0 m. Su talud aguas arriba es de 0.8:1 y el talud aguas abajo también es de 1:1.

También cuenta con dos obras de toma, una del tipo tubería a presión con dos válvulas mariposa, y otra del tipo canal de derivación. El vertedor es recto con cresta libre con una longitud de cresta de 850.0 m.

Tiene una capacidad de almacenamiento de 84.5 hm<sup>3</sup> al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) y el área del embalse al NAMO es de 1790 hectáreas.



#### IV.4 DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LAS PRESAS EN ESTUDIO

Para la región donde está ubicada la Presa Paso de Vaqueros corresponde un clima templado, por lo que, de acuerdo a los promedios obtenidos de mediciones realizadas a nivel mundial, le corresponde una emisión anual de 1 400 miligramos de CO<sub>2</sub> por cada metro cuadrado al día (mg / m<sup>2</sup> d) y 20 mg / m<sup>2</sup> d del gas metano. Debido a que el clima templado también es predominante en las regiones donde se encuentran las presas de El Tigre y Las Blancas, los valores de emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> serían los mismos que en la presa Paso de Vaqueros.

En la zona donde se encuentra la Presa Situriachi predominan las características del clima tropical, por lo que en el embalse de esta presa se estarían emitiendo aproximadamente 3 500 mg / m<sup>2</sup> d de bióxido de Carbono y 300 mg / m<sup>2</sup> d de metano. Y las mismas emisiones se registrarían en la presa el Gallo.

Por lo tanto, para cada una de las presas se tendría lo siguiente:

PRESA	EMISIONES PROMEDIO DE	
	CO <sub>2</sub> (mg / m <sup>2</sup> d)	CH <sub>4</sub> (mg / m <sup>2</sup> d)
Paso de Vaqueros	1,400	20
Situriachi	3,500	300
El Gallo	3,500	300
El Tigre	1,400	20
Las Blancas	1,400	20

Considerando el área de cada embalse, se pueden calcular las emisiones anuales de dióxido de carbono y metano para cada una de las presas, obteniéndose lo que se muestra en la siguiente tabla.

PRESA	EMISIONES PROMEDIO DE		ÁREA DEL EMBALSE (Ha)	EMISIONES ANUALES DE	
	CO <sub>2</sub> (mg / m <sup>2</sup> d)	CH <sub>4</sub> (mg / m <sup>2</sup> d)		CO <sub>2</sub> (ton / año)	CH <sub>4</sub> (ton / año)
Paso de Vaqueros	1,400	20	123	628.5	9.0
Situriachi	3,500	300	158	2,018.5	173.0
El Gallo	3,500	300	2,550	32,576.3	2,792.3
El Tigre	1,400	20	175	894.3	12.8
Las Blancas	1,400	20	1,790	9,146.9	130.7



Ahora, tomando en cuenta que el metano tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor que la del dióxido de carbono, podemos convertir las emisiones anuales de metano en emisiones anuales de dióxido de carbono equivalente, resultando lo siguiente:

PRESA	EMISIONES ANUALES DE CH <sub>4</sub> (ton / año)	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL DEL METANO	EMISIONES ANUALES DE CO <sub>2</sub> e (ton / año)
Paso de Vaqueros	9.0	21	188.6
Situriachi	173.0	21	3633.2
El Gallo	2,792.3	21	58637.3
El Tigre	12.8	21	268.3
Las Blancas	130.7	21	2744.1

Dado que ya conocemos las emisiones anuales, tanto de, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), podemos sumarlas para obtener las emisiones anuales de dióxido de carbono de cada una de las presas y llegar a un total general de las cinco presas en estudio. Teniendo así:

PRESA	EMISIONES ANUALES DE		EMISIÓN TOTAL ANUAL DE CO <sub>2</sub> e (ton / año)
	CO <sub>2</sub> (ton / año)	CO <sub>2</sub> e (ton / año)	
Paso de Vaqueros	628.5	188.6	817.1
Situriachi	2,018.5	3,633.2	5,651.7
El Gallo	32,576.3	58,637.3	91,213.5
El Tigre	894.3	268.3	1,162.5
Las Blancas	9,146.9	2,744.1	11,891.0
		TOTAL	110,735.7

Con lo cual obtenemos un total de 110,735.7 toneladas de dióxido de carbono emitidas al año en estas cinco presas.



## IV.5 VALORACION ECONÓMICA DE LA EMISIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LAS PRESAS EN ESTUDIO

Para determinar el valor económico de las emisiones de dióxido de carbono se tomo el precio en el mercado de un Certificado de Reducción de Emisiones (CER), que equivale a una tonelada de dióxido de carbono equivalente que se deja de emitir a la atmósfera.

Como se vio con anterioridad, el precio de un CER no es un valor fijo en el mercado mundial de bonos de carbono. El European Climate Exchange maneja un precio, para los Certificados de Reducción de Emisiones (CER), de 11.98 Euros y en el Point Carbon se establece un precio de 11.71 Euros.

En este caso, considerando el precio más bajo de un CER que es de 11.71 Euros, para la deducción del valor económico de las emisiones anuales de dióxido de carbono se tiene para cada una de las presas lo siguiente:

PRESA	EMISIÓN TOTAL ANUAL DE CO <sub>2</sub> e (ton / año)	VALOR ECONÓMICO DE LAS EMISIONES DE CO <sub>2</sub> e (Euros)
Paso de Vaqueros	817.1	€ 9,568.1
Situriachi	5,651.7	€ 66,180.9
El Gallo	91,213.5	€ 1,068,110.1
El Tigre	1,162.5	€ 13,613.2
Las Blancas	11,891.0	€ 139,243.3
	110,735.7	€ 1,296,715.6

Lo que da un total de 1,439,564.7 de Euros por las emisiones de CO<sub>2</sub>e anuales de la adición de las cinco presas en estudio.

De acuerdo con el Banco de México, para el 25 de enero de 2010, el tipo de cambio del dólar y euro respecto al peso es:

Dólar EUA                      \$12.90

Euro                                \$18.28

Por lo que equivale a 23,703,960.5 de pesos o a 1,837,516.3 de dólares. Esto representa cantidades significativas, por lo que creo es un tema en el cual se debería de poner atención y tratar de mitigar tales emisiones de GEI en los embalses del país.



## IV.6 OPCIONES DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN EMBALSES DE PRESAS

Como resultado de las investigaciones internacionales en embalses de presas, se encontró que para reducir la emisión de GEI en este tipo de ecosistema, es necesario que se realicen las siguientes acciones: se retire la mayoría de vegetación y troncos durante el llenado de la presa (inundación), durante la operación se requiere controlar la entrada de sedimentos, mediante la reforestación de la cuenca de captación, o bien construir barreras o gaviones en puntos específicos, así mismo, como es común la entrada de aguas residuales y basura, en la mayoría de los embalses, que contribuyen al ingreso de materia orgánica y nutrientes, se requiere de aplicar medidas de saneamiento básico. También, es conveniente, en lo posible, la oxigenación del agua, a fin de que el metano que se genera del fondo del embalse y que usualmente se encuentra atrapado entre las capas de los sedimentos y que al emerger, se oxide y se transforme en CO<sub>2</sub>, de esta manera se reduce su severo efecto de invernadero.<sup>(6)</sup>

Por otra parte, ya es conocido que la generación de oxígeno por las algas que crecen en la superficie del embalse durante el día, aprovechan el CO<sub>2</sub> del agua y del ambiente, y esto puede constituir un control de este gas, entonces en este contexto, las presas sirven en estos casos como sumideros o absorbedores de este gas, a pesar de esto, se desconoce la cantidad de CO<sub>2</sub> que es transformado a oxígeno por las algas que viven en los embalses.<sup>(6)</sup>

Otra manera fácil y económica de controlar las emisiones de GEI como el CO<sub>2</sub>, son las plantaciones de árboles, quienes funcionan como sumideros o absorbedores de este gas.<sup>(6)</sup>

Una última opción es la construcción de pequeñas represas aguas arriba de la presa principal, para que en estas se retenga la mayor parte de los sedimentos, que contienen materia orgánica, con lo cual se reduciría la entrada de carbono al embalse de la presa y por consiguiente se reducirían las emisiones de GEI en él. Además, de que al reducir la entrada de sedimentos al embalse, se estaría aumentando la vida útil de la presa. Y si se consiguiese que las represas tuvieran un área del embalse relativamente pequeña, se podría pensar en la captura de los gases de efecto invernadero.



## **CONCLUSIONES**

Con la realización de este trabajo he alcanzado el objetivo principal de esta investigación, que es el conocer a cuánto asciende el valor económico de las emisiones de gases de efecto invernadero en algunas presas de México.

La construcción de embalses ha sido la única solución para ajustar la demanda de agua a la irregularidad de los aportes que se producen en el país de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentan en nuestra región. Bajo esta óptica se puede entender la gran cantidad de embalses que se han construido en México a lo largo del siglo XX. La construcción de embalses también ha permitido el desarrollo de una agricultura de regadío y un mejor aprovechamiento de tierras de secano. La prevención de avenidas y la obtención de energía, mediante la utilización de un recurso renovable como el agua, han sido valores añadidos que han impulsado la construcción de un número cada vez mayor de embalses. Por lo que está claro que la construcción de embalses es una forma muy adecuada de favorecer la modernización del país, pero hoy la situación es muy diferente.

En México existen más de 4 mil presas, de las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés). La capacidad de almacenamiento de las presas del país es de, aproximadamente 150 mil millones de m<sup>3</sup>. Por lo que no resulta exagerado que podamos afirmar que México es un país de embalses.

Logramos un conocimiento más integral de la problemática del calentamiento global, así como también de las implicancias económicas y sociales de uno de los mecanismos de flexibilidad, el MDL; que, mirándolo desde la perspectiva de los Países Desarrollados, constituye, por el momento, la única forma de incluir a



los Países en Vías de Desarrollo en el esfuerzo global de mitigación del cambio climático. Desde el lado de los países como el nuestro, el MDL constituye el único mecanismo de flexibilidad que posibilitará la obtención de financiamiento adicional proveniente de los Países Desarrollados para aquellos proyectos que reduzcan emisiones de GEI.

El desafío es grande y el tiempo apremia, la pregunta que debemos hacernos es: ¿estaremos a la altura de los acontecimientos?. ¿Acaso esto permita una reversión de los flujos financieros entre los países en desarrollo y los desarrollados al incluir la problemática ambiental?. Quedan también por incorporar al debate algunos puntos débiles de este protocolo convertido en negocio, como el hecho de que se está pensando en cambios estructurales de gran envergadura para un compromiso que en principio se extendería sólo hasta el 2012. También deberíamos repensar la paradoja que esta situación presenta: “no es necesario reducir la contaminación a escala global. Se trata de que contamine el que pueda pagarlo al precio que sea”.

En síntesis las principales causas del Cambio Climático son que los GEI retienen una parte importante de la radiación emitida en la superficie del planeta e impiden su salida de la atmósfera, en forma de calor y que los tiempos de estancia de los GEI son, en algunos casos, de cientos e inclusive miles de años. Los principales efectos son cambios en la temperatura promedio de la superficie terrestre, afectación de la temperatura y nivel de los océanos, cambios drásticos en el patrón de precipitaciones pluviales y presencia de fenómenos que modifican la dinámica atmosférica global.

El cambio climático es el mayor desafío ambiental del siglo XXI, ya que representa una amenaza para el desarrollo, ya existe evidencia e es abrumadora, por lo que se requiere de una cooperación internacional, intensa y sostenida, además de que se necesitan acciones inmediatas (mitigación y adaptación).

Las herramientas utilizadas nos han permitido visualizar las trayectorias posibles de los precios de los CERs, teniendo en cuenta eventuales factores que afecten a este mercado. Observamos, y nos animamos a predecir que el precio de los CERs, a pesar de las fluctuaciones iniciales que pueda sufrir, claramente denota una tendencia alcista, indispensable para que se cumpla el objetivo principal del mecanismo.

Los mercados de bonos de carbono regulados y voluntarios han experimentado un importante crecimiento, los pronósticos financieros sobre bonos de carbono han sido y seguirán dotados de inestabilidad, en virtud de la falta de una política internacional del mayor emisor de GEI: EE.UU.



Hoy en día el mercado de bonos ha sido la manera más eficaz de combatir el cambio climático en términos de reducción de emisiones pero enfrenta un futuro incierto.

En cuanto al precio de los Certificados de Reducción de Emisiones (CERs), es importante el buscar diversas alternativas en el mercado internacional, ya que es un mercado volátil.

Para los países que no se encuentran en el Anexo I, la reducción de emisiones de GEI de manera voluntaria le ofrece una oportunidad de negocio por medio de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), a través de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER) por la reducción de emisiones de GEI.

El documentar un proyecto de MDL, representa varios beneficios para la compañía, en primer término ofrece beneficios ambientales, por la disminución de gases de efecto invernadero a la atmósfera y por ende contamina menos, en segundo lugar, en el aspecto económico representa un ingreso de otras fuente que no es producto de la operación de la empresa y en tercer término, socialmente beneficia a la comunidad con la que interactúa la empresa tanto de manera directa como indirecta.

La posición actual de México dentro del Protocolo de Kioto ofrece una oportunidad crucial para aprovechar proyectos de Desarrollo de Mecanismo Limpio. Estos es, que al no formar parte de los países del Anexo I, México no se ve obligado a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero, lo cual le permite ser vendedor de Certificados de Reducción de Emisiones a países que si forman parte del Anexo I y están obligados a Reducir tales emisiones.

En México se cuenta con más de 4 mil presas, por lo que considerando las emisiones de gases de efecto invernadero en los embalses de dichas presas y el alto precio de los Bonos de Carbono en los mercados más importantes a nivel mundial, esto representa una gran oportunidad de negocio que puede beneficiar desde las empresas constructoras, las dependencias o paraestatales que administren y operen las presas e incluso al gobierno estatal y federal.

De una muestra de 5 embalses con edades de menos de 10 años, se estimó que aportan 45,264 y 3,117 ton/año de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, respectivamente. Al convertir los valores del metano a CO<sub>2</sub> equivalente se obtuvo un total de 110,735.7 ton/año y considerando el precio de una tonelada de dióxido de carbono en el mercado mundial, se calculo un valor de 23,703,960 pesos, que es el monto al cual ascienden las emisiones de GEI en las presas en estudio. Dado que en México se cuenta con más de 4 mil presas, el valor de las emisiones de GEI considerando a todas ellas sería muy grande, por lo que creo vale la pena poner



atención en este tema y tratar de mitigar tales emisiones de GEI en los embalses del país y obtener beneficios económicos, además de los ambientales y sociales, mediante los bonos de carbono.

En el mercado del Mecanismo de Desarrollo Limpio, los ingresos podrían ser de millones de Euros anuales, lo cual podría traducirse en ingresos que ayudaran a promover el desarrollo de proyectos en los sectores energéticos, industrial, agrícola y forestal, entre otros.

Algunas de las futuras investigaciones que pueden desarrollarse son:

- La medición experimental de las emisiones de GEI en embalses de México.
- La gestión de proyectos de Desarrollo de Mecanismo Limpio, como el de las presas. Y su consecuente evaluación financiera.



# ***ANEXO***

# ***A***

## ***INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS PRESAS EN ESTUDIO***



Información técnica de la presa PASO DE VAQUEROS

COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS		Ficha No. _____
1	1.1	NOMBRE OFICIAL	PASO DE VAQUEROS	
	1.2	NOMBRE COMÚN	PASO DE VAQUEROS	
	1.3	GERENCIA REGIONAL	09	
	1.4	ESTADO	Guanajuato	
	1.5	MUNICIPIO	SAN LUIS DE LA PAZ	
	1.6	CORRIENTE	A. SANTIAGUILLO	
	1.7	TERMINO DE CONSTRUCCIÓN	2006	
	1.8	LONGITUD	100° 22' 55"	
	1.9	LATITUD	21° 21' 14"	
	1.10	Nº.DE CARTA INEGI 1:50,000	F14C35	
	1.11	N.DE CARTA SEDENA 1:100,000		
	1.12	VIA DE ACCESO	Brecha	
	1.13	DISEÑADOR	GOB EDO	
	1.14	CONSTRUCTOR	GOB EDO	
	1.15	ORGANISMO RESPONSABLE	GOB EDO	
	1.16	COMENTARIOS		
2	2	PROPÓSITO	REALIZADA POR:	ING ARMANDO RAMIREZ
	2.1	Control de Avenidas		0
	2.2	Riego		0
	2.3	Gener. eléctrica		0
	2.4	Agua Potable		7884000
	2.5	Otros		0.25
	1.17	ÚLTIMA REVISIÓN	05/09/2007	
	2.1.1	SUPERFICIE PROTEGIDA (ha)		
	2.1.2	POBLACIONES Y NÚMERO DE HABITANTES		
	2.2.1	SUPERFICIE DE PROYECTO ha		
	2.2.2	SUPERFICIE ACTUALMENTE REGADA (ha)		
2.2.3	GASTO MÁXIMO (m3/s)			
2.3.1	POTENCIA INSTALADA (MW):			
2.3.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)			
2.4.1	VOLUMEN ANUAL (m3)			
2.4.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)			
OTROS:				



Información técnica de la presa PASO DE VAQUEROS

		1		2		3	
3	POTENCIAL DE DAÑOS	3.1	Nombres de poblaciones				
		3.2	Habitantes	0	0	0	0
		3.3	Distancia de la presa (Km)	0	0	0	0
		3.4	ACTIVIDADES ECONÓMICAS AGUAS ABAJO	CANADA			
4	EMBALSE	4.1	NAM0	Elevación	Cota	Volúmen	
		4.2	NAME	1,959.82	msnm	11.75	hm <sup>3</sup>
		4.3	NAMINO	1,964.79	msnm	16.667	hm <sup>3</sup>
		4.4	CONTROL DE AVENIDAS (hm <sup>3</sup> )	1939	msnm	1.298	hm <sup>3</sup>
		4.5	AZOLVES (hm <sup>3</sup> )			0	hm <sup>3</sup>
		4.6	FECHA DEL PRIMER LLENADO			1.10	hm <sup>3</sup>
		5.1	5.1.1 CLAVE de REGION hidrológica de CNA	26			
5	CUENCA	5.1.2	NOMBRE DE LA CUENCA	PANUCO			
		5.1.3	AREA DE CAPTACION (km2)	35.00			
		5.1.4	Vol. máx. de escurrimiento anual (m3)	0			
		5.1.5	Vol.medio de escurrimiento anual (m3)	12000000			
		5.2	5.2.1 Gasto máximo de diseño (años)	615.00			
		5.2.2	PERIODO DE RETORNO (años)	10,000.00			
		5.2.3	Volumen de AVENIDA (m3)	0			
		5.3	5.3.1 GASTO AVENIDA máx. registrada (m3)	0			
		5.3.2	Volumen AVENIDA máx. registrada (m3)	0			
		5.4	5.4.1 Precipitación promedio registrada (mm)	0			
6	GEOLOGIA	5.4.2	Precipitación máxima registrada (mm)	0			
		6.1	Geología Regional				
		6.2	Geología del Vaso				
		6.3	Geología de la Boquilla				
		6.4	Exploraciones				
		6.5	Discontinuidades o Fallas Tectónicas				
6.6	Comentarios						

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_



Información técnica de la presa PASO DE VAQUEROS

		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS		Ficha No. _____			
		COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas					
7		1	2	3			
CORTINAS	CUERPO	7.1.1 Tipo	De Concreto				
		7.1.2 Especificaciones	De Gravedad				
		7.1.3 ALTURA MÁXIMA (m)	52.30	0.00	0.00		
		7.1.4 ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	1,966.00	0.00	0.00		
		7.1.5 Cota de ELEVACIÓN	msnm				
		7.1.6 LONGITUD DE CORONA (m)	461.80	0.00	0.00		
		7.1.7 ANCHO DE LA CORONA (m)	3.5	0	0		
		7.1.8 ANCHO de la BASE (m)	0	0	0		
		7.1.9 Taludes Aguas Abajo	0.7:1				
		7.1.10 Taludes Aguas Arriba	0.10:1				
		7.1.11 VOLUMEN DEL CUERPO (m3)	0.00	0.00	0.00		
		7.1.12 Altura sobre el cauce (m)	52.3	0	0		
		7.1.13 Otras características	COLCRETO				
CIMENTACIÓN	CIMENTACIÓN	7.2.1 TIPOS DE SUELO O ROCA					
		7.2.2 DESCRIPCIÓN					
		7.2.3 Permeabilidad					
		DICES	CUERPO	8.1.1 Tipo			
				8.1.2 Especificaciones			
				8.1.3 ALTURA MÁXIMA (m)	0.00	0.00	0.00
8.1.4 ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	0.00			0.00	0.00		
DICES	CIMENTACIÓN	8.1.5 Cota de ELEVACIÓN					
		8.1.6 LONGITUD DE CORONA (m)	0.00	0.00	0.00		
		8.1.7 ANCHO DE LA CORONA (m)	0	0	0		
		8.1.8 Taludes Aguas Abajo					
		8.1.9 Taludes Aguas Arriba					
		8.1.10 VOLUMEN DEL CUERPO (m3)	0.00	0.00	0.00		
8.2.1 TIPOS DE SUELO O ROCA							
CIMENTACIÓN	CIMENTACIÓN	8.2.2 DESCRIPCIÓN					
		8.2.3 Permeabilidad					



Información técnica de la presa PASO DE VAQUEROS

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

9		1		2		3	
9.1.1	TIPO	Libre					
9.1.2	Especificación	Recto					
9.1.3	CAPACIDAD	2000		0		0	
9.1.4	ELEVACIÓN DE CRESTA	1959.82		0		0	
9.1.5	Cota de elevación	msnm					
9.1.6	LONGITUD DE LA CRESTA	87.4		0		0	
9.1.7	NÚMERO DE COMPUERTAS	0		0		0	
9.1.8	Control de Compuertas						
9.1.9	Especificación de Compuertas						
9.1.10	ALTURA DE COMPUERTAS	0		0		0	
9.1.11	ANCHO DE COMPUERTAS	0		0		0	
9.1.12	Tipo de disipador	Deflector					
9.1.13	Altura de Disipador	0		0		0	
9.1.14	Ancho de Disipador	0		0		0	
9.1.15	PRESENCIA DE AGUJAS	No		No		No	
9.1.16	ALTURA DE AGUJAS	0		0		0	
9.1.17	Gasto Pico	0		0		0	
9.1.18	Volumen	0		0		0	
9.1.19	Tiempo de Vertido						
9.1.20	DESCRIPCIÓN						
9.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA						
9.2.2	DESCRIPCIÓN						
9.2.3	Permeabilidad						
Gasto combinado				0		0	



Información técnica de la presa PASO DE VAQUEROS

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

		1	2	3
10	OBRA DE TOMA	10.1 TIPO	Torre-Galería	
		10.2 CAPACIDAD	0.25	0.00
		10.3 ELEVACIÓN	1,939.80	0.00
		10.4 Cota de ELEVACIÓN	msnm	
		10.5 Compuertas	Si	No
		10.6 NÚMERO DE COMPUERTAS	3	0
		10.7 Tipo de Compuertas	Deslizantes	
		10.8 Dimensiones de Compuertas		
		10.9 Ancho	1.06	0
		10.10 Alto	1.06	0
		10.11 Válvulas	Si	No
		10.12 Número de Válvulas	2	0
		10.13 Tipo de Válvulas	Compuerta	
		10.14 Rejillas	Si	No
		10.15 Tipo de Conducto	Tubería acero	
11	OTROS	11.1 Gasto combinado	0.00	
		11.1 Existencia	Si	
		11.2 Propósito	DESAGÜE	
		11.3 TIPO	TUBERÍA	
		11.4 CAPACIDAD	6.97	
		11.5 NÚMERO DE COMPUERTAS	0	
		11.6 Elevación del UMBRAL	1939.8	
		11.7 Cota de Elevación del UMBRAL		
11.8 Dimensiones	0.76 m			
12.1 TIPOS DE SUELO O ROCA				
12	CIMENTACIÓN DE PRESA	12.2 GRADO DE ALTERACIÓN		
		12.3 DESCRIPCIÓN		
		12.4 Permeabilidad		



Información técnica de la presa PASO DE VAQUEROS

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

13	INSTRUMENTACIÓN		Descripción	Localización	Cantidad
13.1	MEDIDORES DE NIVELES	ESCALA PARA MEDIR CAP. ALMACNAMIENTO	EN LA TORRE DE LA OBRA DE TOMA	1	
13.2	MEDIDORES DE GASTOS			0	
13.3	RED DE NIVELACIÓN	TESTIGOS SUPERFICIALES	CORONA	38	
13.4	RED DE COLIMACIÓN	TESTIGOS SUPERFICIALES	CORONA	38	
13.5	RED DE TRIANGULACIÓN			0	
13.6	SISMÓGRAFOS			0	
13.7	CELDA DE PRESIÓN			0	
13.8	PIEZÓMETROS			0	
13.9	INCLINÓMETROS			0	
13.10	Medidores de JUNTAS			0	
13.11	PÉNDULOS			0	
13.12	EXTENSÓMETROS			0	
13.13	TERMOMETROS			0	
13.14	OTROS	MONUMENTOS DE CENTRAJE DOS EN LA MARGEN IZQUIERDA Y UNO EN LA MARGEN DERECHA		0	



Información técnica de la presa SITURIACHI

COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS		Ficha No. _____	
1	GENERALIDADES				
	1.1	NOMBRE OFICIAL	SITURIACHI		
	1.2	NOMBRE COMÚN	SAN JUANITO		
	1.3	GERENCIA REGIONAL	06		
	1.4	ESTADO	Chihuahua		
	1.5	MUNICIPIO	BOCOYNA		
	1.6	CORRIENTE	R. SITURIACHI		
	1.7	TERMINO DE CONSTRUCCIÓN	2004		
	1.8	LONGITUD	107° 38' 40.2"		
	1.9	LATITUD	27° 56' 05.3"		
	1.10	No.DE CARTA INEGI 1:50,000	G13A12		
	1.11	N.DE CARTA SEDENA 1:100,000			
	1.12	VIA DE ACCESO	Carretera		
	1.13	DISEÑADOR	GOB. ESTADO-CONAGUA		
	1.14	CONSTRUCTOR	Construcción Triturados del Chuviscar S.A. de C.V.		
	1.15	ORGANISMO RESPONSABLE	GOB. EDO-CONAGUA		
1.16	COMENTARIOS	PRESA DE ALMACENAMIENTO PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, RIEGO, CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES Y ADICIONALMENTE PARA FINES RECREATIVOS			
2	PROPOSITO				
	2.1	Control de Avenidas			
	2.2	Riego			
	2.3	Gener. eléctrica			
	2.4	Agua Potable			
	2.5	Otros			
	1.17	ÚLTIMA REVISIÓN	09/06/2005	REALIZADA POR:	ING. JORGE LUIS RICO ERIVES
	2.1.1	SUPERFICIE PROTEGIDA (ha)			0
	2.1.2	POBLACIONES Y NÚMERO DE HABITANTES			
	2.2.1	SUPERFICIE DE PROYECTO ha			200
	2.2.2	SUPERFICIE ACTUALMENTE REGADA (ha)			0
	2.2.3	GASTO MÁXIMO (m3/s)			0
2.3.1	POTENCIA INSTALADA (MW):			0	
2.3.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)			0	
2.4.1	VOLUMEN ANUAL (m3 )			0	
2.4.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)			1	
OTROS:				Control de incendios forestales y recreativo	



Información técnica de la presa SITURIACHI

		1		2		3	
3	POTENCIAL DE DAÑOS	3.1	Nombres de poblaciones	Bocoyna			
		3.2	Habitantes	3000		0	
		3.3	Distancia de la presa (Km)	12		0	
		3.4	ACTIVIDADES ECONÓMICAS AGUAS ABAJO	Actividades forestales, agricultura, servicios.			
4	EMBALSE	4.1	NAMO	Elevación	Cota	Volumen	
		4.2	NAME	2,335.10	msnm	9	hm <sup>3</sup>
		4.3	NAMINO	2,338.10	msnm	13.657	hm <sup>3</sup>
		4.4	CONTROL DE AVENIDAS (hm <sup>3</sup> )	2332.5	msnm	1.2	hm <sup>3</sup>
		4.5	AZOLVES (hm <sup>3</sup> )			4.657	hm <sup>3</sup>
		4.6	FECHA DEL PRIMER LLENADO			1.20	hm <sup>3</sup>
5	CUENCA	5.1	CLAVE de REGION hidrológica de CNA	2005			
		5.1.1	NOMBRE DE LA CUENCA	BRAVO - CONCHOS			
		5.1.2	AREA DE CAPTACIÓN (km <sup>2</sup> )	111.18			
		5.1.3	Vol. máx. de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )	28572			
		5.1.4	Vol. medio de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )	5270			
		5.2	Gasto máximo de diseño (años)	446.00			
		5.2.1	PERIODO DE RETORNO (años)	10,000.00			
		5.2.2	Volumen de AVENIDA (m <sup>3</sup> )	0			
		5.3	GASTO AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )	0			
		5.3.1	Volumen AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )	0			
6	GEOLOGÍA	6.1	Geología Regional	Afloran rocas que varían el tiempo geológico del terciario inferior al reciente.			
		6.2	Geología del Vaso	La litología consiste en rocas ígneas extrusivas ácidas y sedimentarias continentales producto de la erosión de las rocas preexistentes			
		6.3	Geología de la Boquilla	Las rocas ígneas están representadas por vírfidos y tobas ácidas que corresponden a la secuencia volcánica superior de la Sierra Madre Occidental donde se puede observar que presentan pseudostratificación.			
		6.4	Exploraciones	Aguas debajo de la corona se presenta un sistema de fallas normales que afectan toda la secuencia volcánica de la zona de estudio, sin tener ningún efecto sobre la zona de interés.			
		6.5	Discontinuidades o Fallas Tectónicas	De las unidades litológicas detectadas solo afloran en el sitio de la corona el vírfido con intercalaciones de ignimbritas y tobas, la ignimbrita rosa-gris, el abanico aluvial y los sedimentos fluviales			
		6.6	Comentarios	Se logró detectar la calidad de la roca a profundidad con el apoyo de los barrenos y la geosísmica, teniéndose que la roca alterada varía de 6 a 10 m.			



Información técnica de la presa SITURIACHI

		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS			Ficha No. _____		
7		1	2	3			
		De Materiales Graduados					
7	CORTINAS	7.1.1	Tipo				
		7.1.2	Especificaciones				
		7.1.3	ALTURA MÁXIMA (m)	22.00	0.00	0.00	
		7.1.4	ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	2,340.00	0.00	0.00	
		7.1.5	Cota de ELEVACIÓN	msnm			
		7.1.6	LONGITUD DE CORONA (m)	120.00	0.00	0.00	
		7.1.7	ANCHO DE LA CORONA (m)	8	0	0	
		7.1.8	ANCHO de la BASE (m)	0	0	0	
		7.1.9	Taludes Aguas Abajo	2			
		7.1.10	Taludes Aguas Arriba	2			
		7.1.11	VOLUMEN DEL CUERPO (m3)				
		7.1.12	Altura sobre el cauce (m)	0.00	0.00	0.00	
		7.1.13	Otras características	22	0	0	
8	DQUES	7.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA				
		7.2.2	DESCRIPCIÓN				
		7.2.3	Permeabilidad				
		8.1.1	Tipo				
		8.1.2	Especificaciones				
		8.1.3	ALTURA MÁXIMA (m)	0.00	0.00	0.00	
8	DQUES	8.1.4	ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	0.00	0.00		
		8.1.5	Cota de ELEVACIÓN				
		8.1.6	LONGITUD DE CORONA (m)	0.00	0.00	0.00	
		8.1.7	ANCHO DE LA CORONA (m)	0	0	0	
		8.1.8	Taludes Aguas Abajo				
		8.1.9	Taludes Aguas Arriba				
		8.1.10	VOLUMEN DEL CUERPO (m3)				
		8.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA	0.00	0.00	0.00	
		8	DQUES	8.2.2	DESCRIPCIÓN		
				8.2.3	Permeabilidad		



Información técnica de la presa SITURIACHI

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

9		1	2	3
VERTEDORES	CUERPO	9.1.1 TIPO	Libre	
		9.1.2 Especificación	Canal Lateral	
		9.1.3 CAPACIDAD	446	0
		9.1.4 ELEVACIÓN DE CRESTA	2338.1	0
		9.1.5 Cota de elevación	msnm	0
		9.1.6 LONGITUD DE LA CRESTA	40	0
		9.1.7 NÚMERO DE COMPUERTAS	0	0
		9.1.8 Control de Compuertas		
		9.1.9 Especificación de Compuertas		
		9.1.10 ALTURA DE COMPUERTAS	0	0
		9.1.11 ANCHO DE COMPUERTAS	0	0
		9.1.12 Tipo de dissipador	0	
		9.1.13 Altura de Dissipador		
		9.1.14 Ancho de Dissipador		
		9.1.15 PRESENCIA DE AGUJAS	No	No
		9.1.16 ALTURA DE AGUJAS	0	0
		9.1.17 Gasto Pico		
		9.1.18 Volumen		
		9.1.19 Tiempo de Vertido		
		9.1.20 DESCRIPCIÓN	carga de 3.15	
CIMENTACION	9.2.1 TIPOS DE SUELO O ROCA			
	9.2.2 DESCRIPCIÓN			
	9.2.3 Permeabilidad			
Gasto combinado			446	



Información técnica de la presa SITURIACHI

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

Ficha No. \_\_\_\_\_

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

		1	2	3
10	TIPO	Tubería a Presión	Tubería a Presión	Tubería a Presión
OBRA DE TOMA	10.1	1.00	50.00	45.00
	10.2	2.322.00	0.00	0.00
	10.3	msnm	msnm	msnm
	10.4	No	No	Sí
	10.5	0	0	1
	10.6			charnela
	10.7			
	10.8			
	10.9			
	10.10			3.1
	10.11	Sí	Sí	Sí
	10.12	2	2	1
	10.13	mariposa y chorro divergente	mariposa y chorro divergente	Chorro Divergente
	10.14	Sí	Sí	Sí
	10.15	Tubería acero	Tubería acero	Tubería acero
OTROS	11.1		96.00	
	11.2		No	
	11.3			
	11.4			
CIMENTACIÓN DE PRESA	11.5			
	11.6			
	11.7			
	11.8			
	12.1	Ígneas extrusivas ácidas y sedimentarias		
OTROS	12.2	fracturamiento vertical o casi vertical		
	12.3	Vitrificado con intercalaciones de lignimitas y Tobas		
	12.4	Hubo tratamiento de cimentación.		



Información técnica de la presa SITURIACHI

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

	Descripción	Localización	Cantidad
<b>13</b>	13.1	MEDIDORES DE NIVELES	
	13.2	MEDIDORES DE GASTOS	
	13.3	RED DE NIVELACIÓN	
	13.4	RED DE COLIMACIÓN	
	13.5	RED DE TRIANGULACIÓN	
	13.6	SISMÓGRAFOS	
	13.7	CELDA DE PRESIÓN	
	13.8	PIEZÓMETROS	
	13.9	INCLINÓMETROS	
	13.10	Medidores de JUNTAS	
	13.11	PÉNDULOS	
	13.12	EXTENSÓMETROS	
	13.13	TERMOMETROS	
	13.14	OTROS	
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>			



Información técnica de la presa EL GALLO

COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas		<b>REGISTRO NACIONAL DE PRESAS</b>		Ficha No. _____		
				EL GALLO		
<b>GENERALIDADES</b>		1.1	NOMBRE OFICIAL	EL GALLO		
		1.2	NOMBRE COMÚN	EL GALLO		
		1.3	GERENCIA REGIONAL	04		
		1.4	ESTADO	Guerrero		
		1.5	MUNICIPIO	CUTZAMALA DE PINZON		
		1.6	CORRIENTE	R. CUTZAMALA		
		1.7	TERMINO DE CONSTRUCCIÓN	1998		
		1.8	LONGITUD	100° 40' 16"		
		1.9	LATITUD	18° 42' 11"		
		1.10	Nº DE CARTA INEGI 1:50,000	E14A54 TIQUICHEO		
		1.11	N.DE CARTA SEDENA 1:100,000			
		1.12	VIA DE ACCESO	Brecha		
		1.13	DISEÑADOR	CIEPS		
		1.14	CONSTRUCTOR	México - La nacional		
		1.15	ORGANISMO RESPONSABLE	CNA		
		1.16	COMENTARIOS	PRESENTA FILTRACIONES QUE NO SON MONITOREADAS POR LA COMISION NACIONAL DEL AGUA, LAS MONITOREABA LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. NO CUENTA CON ESCALAS FIJAS PARA OBTENER EL NIVEL DEL EMBALSE.		
		<b>PROPOSITO</b>		1.17	ÚLTIMA REVISIÓN	23/09/2003
2.1	Control de Avenidas			2.1.1	SUPERFICIE PROTEGIDA (ha)	0
				2.1.2	POBLACIONES Y NÚMERO DE HABITANTES	
2.2	Riego			2.2.1	SUPERFICIE DE PROYECTO ha	16360
				2.2.2	SUPERFICIE ACTUALMENTE REGADA (ha)	12000
				2.2.3	GASTO MÁXIMO (m3/s)	35
2.3	Gener. eléctrica			2.3.1	POTENCIA INSTALADA (MW):	0
				2.3.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)	0
2.4	Agua Potable			2.4.1	VOLUMEN ANUAL (m3)	0
				2.4.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)	0
2.5	Otros			OTROS:		



Información técnica de la presa EL GALLO

		1		2		3		
3	POTENCIAL DE DAÑOS	3.1	Nombres de poblaciones	Cutzamala de Pinzón, Gro	Pungarabato, Gro.	San Lucas, Mich.		
		3.2	Habitantes	29469	25362	18320		
		3.3	Distancia de la presa (Km)	89	15	36		
		3.4	ACTIVIDADES ECONÓMICAS AGUAS ABAJO	Agricultura y Ganadería				
4	EMBALSE	Elevación		Cota		Volumen		
5	HIDROLOGÍA	4.1	NAMO	362.78	msnm	410.5	hm <sup>3</sup>	
		4.2	NAME	368.00	msnm	585	hm <sup>3</sup>	
		4.3	NAMINO	353.85	msnm	246.96	hm <sup>3</sup>	
		4.4	CONTROL DE AVENIDAS (hm <sup>3</sup> )			0	hm <sup>3</sup>	
		4.5	AZOLYES (hm <sup>3</sup> )			220.00	hm <sup>3</sup>	
		4.6	FECHA DEL PRIMER LLENADO	1998				
		5.1	CLAVE DE REGION hidrológica de CNA	18				
		5.1.1	NOMBRE DE LA CUENCA	RIO BALSAS				
		5.1.2	AREA DE CAPTACIÓN (km <sup>2</sup> )	10,738.00				
		5.1.3	Vol. máx. de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )	0				
		5.1.4	Vol. medio de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )	3331000				
		5.1.5	Gasto máximo de diseño (años)	4,700.00				
		5.2	PERIODO DE RETORNO (años)	10,000.00				
5.2.1	Volumen de AVENIDA (m <sup>3</sup> )	0						
5.2.2	GASTO AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )	2793						
5.2.3	Volumen AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )	0						
5.3	Precipitación promedio registrada (mm)	0						
5.3.1	Precipitación máxima registrada (mm)	0						
5.4	Geología Regional	Areniscas y limolitas de la Fm Balsas afectadas por un lacolito hipabisal existen en contacto discordante algunos afloramientos de andesitas						
6.1	Geología del Vaso	Areniscas y limolitas de la Fm Balsas afectadas por un lacolito hipabisal						
6.2	Geología de la Boquilla	Areniscas y limolitas de color café oscuro con estratificación delgada (5 cm) a mediana (20 cm) afectada por un lacolito hipabisal de composición granítica						
6.3	Exploraciones	Fueron efectuadas antes de la construcción y al reiniciar la terminación de la construcción por parte de la CFE, en la boquilla, dique y sobre las ladreas						
6.4	Discontinuidades o Fallas Tectónicas							
6.5	Comentarios	La CFE realizó exploraciones en la boquilla, dique, vaso de almacenamiento						
6.6								

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_



Información técnica de la presa EL GALLO

		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS		Ficha No. _____		
COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas						
7		1	2	3		
		De Materiales Graduados				
7	CORTINAS	7.1.1	Tipo			
		7.1.2	Especificaciones			
		7.1.3	ALTURA MÁXIMA (m)	67.00	0.00	0.00
		7.1.4	ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	370.00	0.00	0.00
		7.1.5	Cota de ELEVACIÓN	msnm		
		7.1.6	LONGITUD DE CORONA (m)	490.00	0.00	0.00
		7.1.7	ANCHO DE LA CORONA (m)	10	0	0
		7.1.8	ANCHO de la BASE (m)	282	0	0
		7.1.9	Taludes Aguas Abajo	2:1		
		7.1.10	Taludes Aguas Arriba	2:1		
		7.1.11	VOLUMEN DEL CUERPO (m3)	2,100,000.00	0.00	0.00
		7.1.12	Altura sobre el cauce (m)	70	0	0
		7.1.13	Otras características			
8	CIMENTACIÓN	7.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA			
		7.2.2	DESCRIPCIÓN			
		7.2.3	Permeabilidad			
8	DIQUES	8.1.1	Tipo	De Materiales Graduados		
		8.1.2	Especificaciones			
		8.1.3	ALTURA MÁXIMA (m)	27.50	0.00	0.00
		8.1.4	ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	370.00	0.00	0.00
		8.1.5	Cota de ELEVACIÓN	msnm		
		8.1.6	LONGITUD DE CORONA (m)	184.00	0.00	0.00
		8.1.7	ANCHO DE LA CORONA (m)	10	0	0
		8.1.8	Taludes Aguas Abajo	2:1		
		8.1.9	Taludes Aguas Arriba	2:1		
		8.1.10	VOLUMEN DEL CUERPO (m3)	80,000.00	0.00	0.00
8	CIMENTACIÓN	8.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA			
		8.2.2	DESCRIPCIÓN			
		8.2.3	Permeabilidad			



Información técnica de la presa EL GALLO

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

Ficha No. \_\_\_\_\_

9		1		2		3	
9.1.1	TIPO	Libre					
9.1.2	Especificación	Abanico					
9.1.3	CAPACIDAD	4700		0		0	
9.1.4	ELEVACIÓN DE CRESTA	362.78		0		0	
9.1.5	Cota de elevación	msnm					
9.1.6	LONGITUD DE LA CRESTA	200		0		0	
9.1.7	NÚMERO DE COMPUERTAS	0		0		0	
9.1.8	Control de Compuertas						
9.1.9	Especificación de Compuertas						
9.1.10	ALTURA DE COMPUERTAS	0		0		0	
9.1.11	ANCHO DE COMPUERTAS	0		0		0	
9.1.12	Tipo de dissipador	Deflector					
9.1.13	Altura de Dissipador						
9.1.14	Ancho de Dissipador						
9.1.15	PRESENCIA DE AGUJAS	No		No		No	
9.1.16	ALTURA DE AGUJAS	0		0		0	
9.1.17	Gasto Pico						
9.1.18	Volumen						
9.1.19	Tiempo de Vertido						
9.1.20	DESCRIPCIÓN	Se encuentra alojado en la margen derecha de la estructura.					
9.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA						
9.2.2	DESCRIPCIÓN						
9.2.3	Permeabilidad						
Gasto combinado							



Información técnica de la presa EL GALLO

COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas **REGISTRO NACIONAL DE PRESAS** Ficha No. \_\_\_\_\_

		1	2	3
10 OBRA DE TOMA	10.1 TIPO	Túnel-Lumbrera		
	10.2 CAPACIDAD	35.00	0.00	0.00
	10.3 ELEVACIÓN	348.30	0.00	0.00
	10.4 Cota de ELEVACIÓN	msnm		
	10.5 Compuertas	Si	No	No
	10.6 NÚMERO DE COMPUERTAS	4	0	0
	10.7 Tipo de Compuertas	Rodantes		
	10.8 Dimensiones de Compuertas			
	10.9 Ancho	1.5		
	10.10 Alto	1.6		
	10.11 Válvulas	No	No	No
	10.12 Número de Válvulas	0	0	0
	10.13 Tipo de Válvulas			
	10.14 Rejillas	No	No	No
	10.15 Tipo de Conducto			
11 OTROS	11.1 Existencia	35.00		
	11.2 Propósito	No		
	11.3 TIPO			
	11.4 CAPACIDAD			
	11.5 NÚMERO DE COMPUERTAS			
	11.6 Elevación del UMBRAL			
	11.7 Cota de Elevación del UMBRAL			
	11.8 Dimensiones			
12 CIMENTACIÓN DE PRESA	12.1 TIPOS DE SUELO O ROCA	Areniscas y limolitas de la Fm. Balsas		
	12.2 GRADO DE ALTERACIÓN			
	12.3 DESCRIPCIÓN	Areniscas y limolitas de la Fm. Balsas afectadas por un lacolito hipabisal. Las rocas sedimentarias tienen una estratificación delgada casi horizontal. El lacolito intruyó a las areniscas a través de los planos de estratificación.		
	12.4 Permeabilidad	Fracturamiento hidráulico entre los 5 y 6 kg/cm2.		



Información técnica de la presa EL GALLO

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

13		Descripción	Localización	Cantidad
13.1	MEDIDORES DE NIVELES			
13.2	MEDIDORES DE GASTOS			
13.3	RED DE NIVELACIÓN			
13.4	RED DE COLIMACIÓN			
13.5	RED DE TRIANGULACIÓN			
13.6	SISMÓGRAFOS			
13.7	CELDA DE PRESIÓN			
13.8	PIEZÓMETROS			
13.9	INCLINÓMETROS			
13.10	Medidores de JUNTAS			
13.11	PÉNDULOS			
13.12	EXTENSÓMETROS			
13.13	TERMOMETROS			
13.14	OTROS	Existe un informe elaborado por la CFE en donde se describe toda la instrumentación de la presa		



Información técnica de la presa EL TIGRE

COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas		<b>REGISTRO NACIONAL DE PRESAS</b>		Ficha No. _____	
				EL TIGRE	
1	GENERALIDADES				
	1.1	NOMBRE OFICIAL	EL TIGRE		
	1.2	NOMBRE COMÚN			
	1.3	GERENCIA REGIONAL	07		
	1.4	ESTADO	Durango		
	1.5	MUNICIPIO	SAN JUAN DE GUADALUPE		
	1.6	CORRIENTE	A. EL TIGRE		
	1.7	TERMINO DE CONSTRUCCIÓN	2007		
	1.8	LONGITUD	102° 47' 06.29"		
	1.9	LATITUD	24° 33' 46.9"		
	1.10	Nº DE CARTA INEGI 1:50,000	G13D67		
	1.11	Nº DE CARTA SEDENA 1:100,000			
	1.12	VIA DE ACCESO	Carretera		
	1.13	DISEÑADOR	CNA		
	1.14	CONSTRUCTOR	COCONSA		
	1.15	ORGANISMO RESPONSABLE	USUARIOS		
1.16	COMENTARIOS	CON LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE ALMACENAMIENTO "EL TIGRE" SE INTEGRARÁN AL RIEGO 1,600 HA, PARA EL BENEFICIO DE 509 FAMILIAS, ESTE PROYECTO ESTÁ CONSIDERADO DENTRO DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLL Y EL PLAN NACIONAL HIDRÁULICO 2001-2006, QUE TENDRÁ CONTINUIDAD EN EL PERIODO 2007-2012.			
1.17	ÚLTIMA REVISIÓN	11/09/2007	REALIZADA POR: <i>Ing. Jorge Meave Galván; Arq. J. Gilberto Martínez</i>		
2	2.1	Control de Avenidas	2.1.1	SUPERFICIE PROTEGIDA (ha)	
			2.1.2	POBLACIONES Y NÚMERO DE HABITANTES	
	2.2	Riego	2.2.1	SUPERFICIE DE PROYECTO ha	
			2.2.2	SUPERFICIE ACTUALMENTE REGADA (ha)	
			2.2.3	GASTO MÁXIMO (m3/s)	
	2.3	Gener. eléctrica	2.3.1	POTENCIA INSTALADA (MW):	
			2.3.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)	
	2.4	Agua Potable	2.4.1	VOLUMEN ANUAL (m3)	
			2.4.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)	
	2.5	Otros:			
PROPOSITO					



Información técnica de la presa EL TIGRE

		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS			Ficha No. 3	
3		1		2		3
<b>POTENCIAL DE DAÑOS</b>	3.1	Nombres de poblaciones				
	3.2	Habitantes				
	3.3	Distancia de la presa (Km)				
	3.4	ACTIVIDADES ECONÓMICAS AGUAS ABAJO				
<b>4</b> <b>EMBALSE</b>	4.1	NAMO		Elevación	Cota	Volumen
	4.2	NAME		1,576.92	msnm	14 hm. <sup>3</sup>
	4.3	NAMINO		1,580.12	msnm	18.56 hm. <sup>3</sup>
	4.4	CONTROL DE AVENIDAS (hm <sup>3</sup> )		1564.12	msnm	12 hm. <sup>3</sup>
	4.5	AZOLVES (hm <sup>3</sup> )				0 hm. <sup>3</sup>
	4.6	FECHA DEL PRIMER LLENADO				2.00 hm. <sup>3</sup>
	<b>5</b> <b>HIDROLOGÍA</b>	<b>CUENCA</b>	5.1	CLAVE de REGION hidrológica de CNA		Nazas Aguascal
5.1.1			NOMBRE DE LA CUENCA			
5.1.2			AREA DE CAPTACIÓN (km <sup>2</sup> )		550.00	
5.1.3			Vol. máx. de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )		0	
5.1.4			Vol.medio de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )		14.21	
Avenida de diseño		5.2	Gasto máximo de diseño (años)			
		5.2.1	PERIODO DE RETORNO (años)			
Avenida máx. registrada		5.2.2	Volumen de AVENIDA (m <sup>3</sup> )			
		5.2.3	GASTO AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )			
		5.3	Volumen AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )			
Precipitación registrada		5.3.1	Precipitación promedio registrada (mm)			
	5.3.2	Precipitación máxima registrada (mm)				
	5.4	Geología Regional				
	5.4.1					
5.4.2						
<b>6</b> <b>GEOLOGÍA</b>	6.1	Geología del Vaso				
	6.2	Geología de la Boquilla				
	6.3	Exploraciones				
	6.4	Discontinuidades o Fallas Tectónicas				
	6.5	Comentarios				
	6.6					





Información técnica de la presa EL TIGRE

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

Ficha No. \_\_\_\_\_

9	CUERPO	9.1	9.1.1	TIPO	1	2	3
			9.1.2	Especificación			
			9.1.3	CAPACIDAD			
			9.1.4	ELEVACIÓN DE CRESTA			
			9.1.5	Cota de elevación			
			9.1.6	LONGITUD DE LA CRESTA			
			9.1.7	NÚMERO DE COMPUERTAS			
			9.1.8	Control de Compuertas			
			9.1.9	Especificación de Compuertas			
			9.1.10	ALTURA DE COMPUERTAS			
		9.1.11	ANCHO DE COMPUERTAS				
		9.1.12	Tipo de disipador				
		9.1.13	Altura de Disipador				
		9.1.14	Ancho de Disipador				
		9.1.15	PRESENCIA DE AGUJAS	No	No	No	
		9.1.16	ALTURA DE AGUJAS				
		9.1.17	Gasto Pico				
		9.1.18	Volumen				
		9.1.19	Tiempo de Vertido				
		9.1.20	DESCRIPCIÓN				
	CIMENTACIÓN	9.2	9.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA			
		9.2.2	DESCRIPCIÓN				
		9.2.3	Permeabilidad				
				Gasto combinado			



Información técnica de la presa EL TIGRE

Ficha No. \_\_\_\_\_

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SCT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

		1	2	3
10	OBRA DE TOMA	10.1 TIPO		
		10.2 CAPACIDAD		
		10.3 ELEVACIÓN		
		10.4 Cota de ELEVACIÓN		
		10.5 Compuertas	No	No
		10.6 NÚMERO DE COMPUERTAS		
		10.7 Tipo de Compuertas		
		10.8 Dimensiones de Compuertas		
		10.9 Ancho		
		10.10 Alto		
		10.11 Válvulas	No	No
		10.12 Número de Válvulas		
		10.13 Tipo de Válvulas		
		10.14 Rejillas	No	No
		10.15 Tipo de Conducto		
11	OTROS DESFOGUES	Gasto combinado		
		11.1 Existencia	No	
		11.2 Propósito		
		11.3 TIPO		
		11.4 CAPACIDAD		
		11.5 NÚMERO DE COMPUERTAS		
		11.6 Elevación del UMBRAL		
		11.7 Cota de Elevación del UMBRAL		
11.8 Dimensiones				
12	CIMENTACION DE PRESA	12.1 TIPOS DE SUELO O ROCA		
		12.2 GRADO DE ALTERACIÓN		
		12.3 DESCRIPCIÓN		
		12.4 Permeabilidad		



Información técnica de la presa EL TIGRE

Ficha No. \_\_\_\_\_

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

	Descripción	Localización	Cantidad
<b>13</b>	<b>13.1</b> MEDIDORES DE NIVELES		
	<b>13.2</b> MEDIDORES DE GASTOS		
	<b>13.3</b> RED DE NIVELACIÓN		
	<b>13.4</b> RED DE COLIMACIÓN		
	<b>13.5</b> RED DE TRIANGULACIÓN		
	<b>13.6</b> SISMÓGRAFOS		
	<b>13.7</b> CELDAS DE PRESIÓN		
	<b>13.8</b> PIEZÓMETROS		
	<b>13.9</b> INCLINÓMETROS		
	<b>13.10</b> Medidores de JUNTAS		
	<b>13.11</b> PÉNDULOS		
	<b>13.12</b> EXTENSÓMETROS		
	<b>13.13</b> TERMOMETROS		
	<b>13.14</b> OTROS		
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>			



Información técnica de la presa LAS BLANCAS

COMISION NACIONAL DEL AGUA. SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas		<b>REGISTRO NACIONAL DE PRESAS</b>		Ficha No. _____	
				LAS BLANCAS	
1	GENERALIDADES				
	1.1	NOMBRE OFICIAL			
	1.2	NOMBRE COMÚN			
	1.3	GERENCIA REGIONAL	06		
	1.4	ESTADO	Tamaulipas		
	1.5	MUNICIPIO	MIER		
	1.6	CORRIENTE	R. ALAMO		
	1.7	TERMINO DE CONSTRUCCIÓN	2000		
	1.8	LONGITUD	99° 14' 32.8"		
	1.9	LATITUD	26° 24' 53.4"		
	1.10	Nº DE CARTA INEGI 1:50,000	G14A79		
	1.11	Nº DE CARTA SEDENA 1:100,000			
	1.12	VIA DE ACCESO	Carretera		
	1.13	DISEÑADOR	CNA		
	1.14	CONSTRUCTOR	CNA		
	1.15	ORGANISMO RESPONSABLE	CNA		
	1.16	COMENTARIOS	PRESA DERIVADORA DEL RIO ALAMO A LA PRESA MARTE R. GOMEZ (EL AZUCAR)		
2	PROPÓSITO		REALIZADA POR: AMALIO CARDONA Y GUSTAVO CHAVEZ		
	2.1	ÚLTIMA REVISIÓN	22/10/2001		
	2.1.1	SUPERFICIE PROTEGIDA (ha)	0		
	2.1.2	POBLACIONES Y NÚMERO DE HABITANTES			
	2.2	SUPERFICIE DE PROYECTO ha	0		
	2.2.1	SUPERFICIE ACTUALMENTE REGADA (ha)	0		
	2.2.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)	0		
	2.2.3	POTENCIA INSTALADA (MW):	0		
	2.3	GASTO MÁXIMO (m3/s)	0		
	2.3.1	VOLUMEN ANUAL (m³)	0		
	2.3.2	GASTO MÁXIMO (m3/s)	0		
2.4	OTROS:	DERIVAR AGUA A LA PRESA MARTE R. GOMEZ "EL AZUCAR"			
2.4.1					
2.4.2					



Información técnica de la presa LAS BLANCAS

		1		2		3	
3	POTENCIAL DE DAÑOS	Nombres de poblaciones					
		Habitantes		0		0	
		Distancia de la presa (Km)		0		0	
		ACTIVIDADES ECONÓMICAS AGUAS ABAJO		RANCHOS GANADEROS			
4	EMBALSE	Elevación		Cota		Volumen	
		4.1	NAMO	89.92	msnm	84.5	hm. <sup>3</sup>
		4.2	NAME	91.80	msnm	124	hm. <sup>3</sup>
		4.3	NAMINO	85	msnm	17	hm. <sup>3</sup>
		4.4	CONTROL DE AVENIDAS (hm <sup>3</sup> )			0	hm. <sup>3</sup>
		4.5	AZOLVES (hm <sup>3</sup> )			0.00	hm. <sup>3</sup>
5	HIDROLOGÍA	FECHA DEL PRIMER LLENADO					
		5.1	CLAVE de REGION hidrológica de CNA	24			
		5.1.1	NOMBRE DE LA CUENCA	RIO BRAVO-SOSA			
		5.1.2	AREA DE CAPTACIÓN (km <sup>2</sup> )	4,177.00			
		5.1.3	Vol. máx. de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )	747.4			
		5.1.4	Vol. medio de escurrimiento anual (m <sup>3</sup> )	141.16			
		5.2	Gasto máximo de diseño (años)	4,500.00			
		5.2.1	PERÍODO DE RETORNO (años)	1,000.00			
		5.2.2	Volumen de AVENIDA (m <sup>3</sup> )	0			
		5.2.3	GASTO AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )	4100			
		5.3	Volumen AVENIDA máx. registrada (m <sup>3</sup> )	0			
		5.3.1	Precipitación promedio registrada (mm)	0			
5.3.2	Precipitación máxima registrada (mm)	0					
5.4	Geología Regional						
6.1	Geología del Vaso						
6.2	Geología de la Boquilla						
6.3	Exploraciones						
6.4	Discontinuidades o Fallas Tectónicas						
6.5	Comentarios						
6.6							

En el vaso se presentan también las formaciones antes citadas, como también la Bigford – El Pico Clay, formación Carrizo y Jackson, cubiertas parcialmente por acarreos, depósitos aluviales y conglomerado Reynosa, constituidas por areniscas interstratificadas con lentes de limolitas y lutitas, siendo las formaciones impermeables.

La geología en este sitio está constituida básicamente por alternancias de areniscas y limolitas similares a las obtenidas en el eje original de la presa, correspondientes a las formaciones Laredo en la margen izquierda y la Yegua en el cauce y la margen derecha



Información técnica de la presa LAS BLANCAS

		REGISTRO NACIONAL DE PRESAS			Ficha No. _____	
7		1	2	3		
7	CORTINAS	7.1	CUERPO			
		7.1.1	Tipo			
		7.1.2	Especificaciones			
		7.1.3	ALTURA MÁXIMA (m)	32.38	0.00	0.00
		7.1.4	ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	93.30	0.00	0.00
		7.1.5	Cota de ELEVACIÓN	msnm		
		7.1.6	LONGITUD DE CORONA (m)	2,640.00	0.00	0.00
		7.1.7	ANCHO DE LA CORONA (m)	5	0	0
		7.1.8	ANCHO de la BASE (m)	0.8:1	0	0
		7.1.9	Taludes Aguas Abajo	0.8:1		
		7.1.10	Taludes Aguas Arriba	1:1		
		7.1.11	VOLUMEN DEL CUERPO (m3)	223,300.00	0.00	0.00
		7.1.12	Altura sobre el cauce (m)	32.38	0	0
7.1.13	Otras características	CORTINA DE GRAVEDAD DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO				
8	DIQUES	7.2	CIMENTACIÓN			
		7.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA			
		7.2.2	DESCRIPCIÓN			
		7.2.3	Permeabilidad			
		8.1	CUERPO			
		8.1.1	Tipo			
8.1.2	Especificaciones					
8.1.3	ALTURA MÁXIMA (m)	0.00	0.00	0.00		
8.1.4	ELEVACIÓN DE LA CORONA (m)	0.00	0.00	0.00		
8.1.5	Cota de ELEVACIÓN					
8.1.6	LONGITUD DE CORONA (m)	0.00	0.00	0.00		
8.1.7	ANCHO DE LA CORONA (m)	0	0	0		
8.1.8	Taludes Aguas Abajo					
8.1.9	Taludes Aguas Arriba					
8.1.10	VOLUMEN DEL CUERPO (m3)					
8.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA	0.00	0.00	0.00		
8	CIMENTACIÓN	8.2	CIMENTACIÓN			
		8.2.2	DESCRIPCIÓN			
		8.2.3	Permeabilidad			



Información técnica de la presa LAS BLANCAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

9		1	2	3
9.1.1	TIPO	Libre		
9.1.2	Especificación	Recto		
9.1.3	CAPACIDAD	4500	0	0
9.1.4	ELEVACIÓN DE CRESTA	89.92	0	0
9.1.5	Cota de elevación			
9.1.6	LONGITUD DE LA CRESTA	850	0	0
9.1.7	NÚMERO DE COMPUERTAS	0	0	0
9.1.8	Control de Compuertas			
9.1.9	Especificación de Compuertas			
9.1.10	ALTURA DE COMPUERTAS	0	0	0
9.1.11	ANCHO DE COMPUERTAS	0	0	0
9.1.12	Tipo de dissipador	Tanque Amortiguador		
9.1.13	Altura de Dissipador	0	0	0
9.1.14	Ancho de Dissipador	0	0	0
9.1.15	PRESENCIA DE AGUJAS	No	No	No
9.1.16	ALTURA DE AGUJAS	0	0	0
9.1.17	Gasto Pico	0	0	0
9.1.18	Volumen	0	0	0
9.1.19	Tiempo de Vertido			
9.1.20	DESCRIPCIÓN			
9.2.1	TIPOS DE SUELO O ROCA			
9.2.2	DESCRIPCIÓN			
9.2.3	Permeabilidad			
Gasto combinado			0	



Información técnica de la presa LAS BLANCAS

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

REGISTRO NACIONAL DE PRESAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

		1		2		3	
		Tubería a Presión		CANAL DE DERIVACION			
10	10.1	TIPO	1.30	89.40	0.00		
	10.2	CAPACIDAD	80.20	85.00	0.00		
	10.3	ELEVACIÓN	msnm	msnm			
	10.4	Cota de ELEVACIÓN	No	No	No		
	10.5	Compuertas	0	0	0		
	10.6	NÚMERO DE COMPUERTAS					
	10.7	Tipo de Compuertas					
	10.8	Dimensiones de Compuertas					
	10.9	Ancho	0	0	0		
	10.10	Alto	0	0	0		
	10.11	Válvulas	Sí	No	No		
	10.12	Número de Válvulas	2	0	0		
	10.13	Tipo de Válvulas	MARIPOSA				
	10.14	Rejillas	Sí	No	No		
	10.15	Tipo de Conducto	Tubería acero				
11	11.1	Gasto combinado	85.30				
	11.2	Existencia	No				
	11.3	Propósito					
	11.4	TIPO					
	11.5	CAPACIDAD		0.00			
	11.6	NÚMERO DE COMPUERTAS		0			
	11.7	Elevación del UMBRAL		0			
	11.8	Cota de Elevación del UMBRAL					
12	12.1	Dimensiones					
	12.2	TIPOS DE SUELO O ROCA					
	12.3	GRADO DE ALTERACIÓN					
	12.4	DESCRIPCIÓN					
10	12.1	TIPOS DE SUELO O ROCA					
	12.4	DESCRIPCIÓN					
11	12.1	TIPOS DE SUELO O ROCA					
	12.4	DESCRIPCIÓN					
12	12.1	TIPOS DE SUELO O ROCA					
	12.4	DESCRIPCIÓN					



Información técnica de la presa LAS BLANCAS

Ficha No. \_\_\_\_\_

**REGISTRO NACIONAL DE PRESAS**

COMISION NACIONAL DEL AGUA.  
SGT, CONSULTIVO TÉCNICO, Seguridad de Presas

	Descripción	Localización	Cantidad
<b>13</b>	<b>13.1</b> MEDIDORES DE NIVELES		0
	<b>13.2</b> MEDIDORES DE GASTOS		0
	<b>13.3</b> RED DE NIVELACIÓN		0
	<b>13.4</b> RED DE COLIMACIÓN		0
	<b>13.5</b> RED DE TRIANGULACIÓN		0
	<b>13.6</b> SISMÓGRAFOS		0
	<b>13.7</b> CELDAS DE PRESIÓN		0
	<b>13.8</b> PIEZÓMETROS		0
	<b>13.9</b> INCLINÓMETROS		0
	<b>13.10</b> Medidores de JUNTAS		0
	<b>13.11</b> PÉNDULOS		0
	<b>13.12</b> EXTENSÓMETROS		0
	<b>13.13</b> TERMOMETROS		0
	<b>13.14</b> OTROS		0
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>			



# BIBLIOGRAFÍA

1. Bancomext (Banco Nacional de Comercio Exterior)  
<http://www.bancomext.com/Bancomext/publicasecciones/secciones/11318/Inicio.htm>
2. Bancomext (Banco Nacional de Comercio Exterior)  
<http://www.bancomext.com/Bancomext/publicasecciones/secciones/11318/QueSeBusca.htm>
3. Constructora Cota S.A. de C.V. [http://www.cotamexico.com/el\\_gallo.htm](http://www.cotamexico.com/el_gallo.htm)
4. CONAGUA. Estadísticas del Agua en México (EAM). Edición 2008. Pags. 15, 16, 65, 66.
5. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). Estrategia Nacional de Cambio Climático. México. 2007. Pags 19-34
6. Cruz Ojeda, Arturo., Franco González, Jerónimo. Los embalses de presas como una fuente de gases de efecto invernadero: una estimación de su emisión global en México. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria. México. 2008.
7. El Sol de la Laguna  
<http://www.oem.com.mx/noticiasdelsoldelalaguna/notas/n288748.htm>
8. European Climate Exchange <http://www.ecx.eu/About-ECX>
9. FOMECAR (Fondo Mexicano de Carbono) <http://www.fomecar.com.mx/wb3/>



10. FOMECAR (Fondo Mexicano de Carbono)  
[http://www.fomecar.com.mx/wb3/wb/fomecar/fomecar\\_queesfomecar](http://www.fomecar.com.mx/wb3/wb/fomecar/fomecar_queesfomecar)
11. Garibaldi Fernández, José Alberto. SENER. Cambio climático y desarrollo sustentable: Bonos de Carbono y ahorro de energía. México. 2002
12. Google Earth
13. Hank González, Carlos, González Villarreal, Fernando, Contijoch Escontría, Manuel. Las presas en México. Tradición Ancestral. Necesidad Actual. México 1992. Pags. 11-25.
14. Inclán Gallardo, Ubaldo. SENER. Mercado de Bonos de Carbono y sus beneficios potenciales para proyectos en México. Tijuana, Baja California. 2005
15. Instituto Nacional de Ecología (INE)  
[http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html)
16. La Jornada  
<http://www.jornada.unam.mx/2007/06/18/index.php?section=capital&article=043n1cap>
17. Milenio.com (Diario Milenio)  
<http://www.milenio.com/node/338511>
18. Municipio San Luis de la Paz  
[http://www.sanluisdelapaz.com/mexico/Paso\\_de\\_Vaqueros](http://www.sanluisdelapaz.com/mexico/Paso_de_Vaqueros)
19. Naciones Unidas. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. 1998
20. Point Carbon <http://www.pointcarbon.com/aboutus/>
21. St. Luis L. V., Kelly A. C., Duchemin E., Rudd M. W. J. and Rosenberg M. D, (2000), Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases to the atmosphere: A global estimate, *BioScience*, September, Vol. 50, No., 9, págs. 766-775.
22. United States Department of the Interior (USDI) Bureau of Reclamation. Diseño de presas pequeñas. Compañía Editorial Continental. Décima impresión. México 1981. Pags. 35-37, 97-102.
23. Universidad de Navarra  
<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/110ProPri.htm>