



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**LA VULNERABILIDAD DEL PATRIMONIO
CULTURAL TANGIBLE ANTE LOS
IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN
LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

PRESENTA

HÉCTOR JOSÉ ÁVILA LUGO

DIRECTORES

DR. VÍCTOR MANUEL LÓPEZ LÓPEZ

M. en. H. ARTEMISA MARGARITA REYES GALLEGOS



MÉXICO D. F. 2012



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F., siendo las 12:00 horas del día 07 del mes de junio del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A.-U.Z. para examinar la tesis titulada:

“LA VULNERABILIDAD DEL PATRIMONIO CULTURAL TANGIBLE ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.”

Presentada por el alumno:

Ávila

Apellido paterno

Lugo

Apellido materno

Héctor José

Nombre(s)

Con registro:

A	1	0	0	3	3	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Víctor Manuel López López

M. en H. Artemisa Margarita Reyes Gallegos

M. en C. Ricardo Contreras Contreras

Dr. Jorge Meléndez Estrada

M. en C. Norma Josefina Ruiz Castillejos

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

M. en C. Pino Durán Escamilla





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D. F. el día 07 del mes junio del año 2012, el que suscribe C. HÉCTOR JOSÉ ÁVILA LUGO alumno del Programa de Maestría en Ingeniería Civil con número de registro A100338, adscrito a Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Víctor Manuel López López y M. en H. Artemisa Margarita Reyes Gallegos y cede los derechos del trabajo intitulado "LA VULNERABILIDAD DEL PATRIMONIO CULTURAL TANGIBLE ANTE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección hectoravilalugo@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


HÉCTOR JOSÉ ÁVILA LUGO
Nombre y firma

Índice

Relación de figuras y tablas	VI
Acrónimos y símbolos	VIII
Resumen	XI
Abstract	XII
Introducción	XIII
Justificación	XV
Estado de la cuestión	XVII
Objetivos	XIX
General	
Específicos	
Capítulo 1. El Fenómeno de Calentamiento Global y Los Efectos del Cambio Climático	XX
1.1. El Calentamiento Global como Desencadenante del Cambio Climático....	21
1.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	23
1.3. ¿Qué es Cambio Climático?.....	28
1.4. Mitigación, Adaptación y Vulnerabilidades a los Impactos del Cambio Climático.....	31
1.5. Efectos del Cambio Climático.....	39
1.6. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).....	46
Capítulo 2. La Ingeniería Civil ante el Cambio Climático	XLVIII
2.1. La Ingeniería Civil y la Adaptación al Cambio Climático.....	49
2.2. La Ingeniería Civil y la Protección del Patrimonio Cultural Tangible.....	53
2.3. Medidas de Mitigación y Adaptación.....	58
Capítulo 3. Protección y Difusión del Patrimonio Cultural	LXVI
3.1. Instancias Internacionales, Nacionales y Locales.....	67
3.2. Normatividad y Declaraciones sobre Patrimonio Cultural.....	73
3.3. Proyectos Nacionales y Regionales para la Salvaguarda y Difusión.....	75
Capítulo 4. El Patrimonio Cultural	LXXIX

4.1. Categorías del patrimonio.....	80
4.2. Tipos de Patrimonio.....	81
4.3. Zona Arqueológica.....	86
4.4. El Patrimonio Cultural en Yucatán.....	91
4.5. El Patrimonio Cultural como Motor del Desarrollo Económico.....	97
Capítulo 5. Identificación y Priorización de las Vulnerabilidades del Patrimonio Cultural Tangible ante el Cambio Climático.....	C
5.1. Impactos del Cambio Climático que Afectan al Patrimonio Cultural.....	101
5.2. Priorización de Patrimonio Cultural Vulnerable.....	113
5.3. Medidas para disminuir la vulnerabilidad del Patrimonio Cultural.....	118
5.4. Propuestas de la Organización de las Naciones Unidas.....	121
Conclusiones.....	124
Recomendaciones.....	127
Bibliografía.....	129
Glosario.....	140

Relación de Figuras

Figura No. 1.1 El efecto invernadero.....	24
Figura No. 3.1 Cubierta sobre salón.....	54
Figura No. 3.2 Estructura sobre basamento Tlaxcala.....	55
Figura No. 3.3 Techumbre en Cacaxtla.....	55
Figura No. 3.4 Modelo de cubierta flexible (Italia).....	56
Figura No. 3.5 Parque arqueológico de Desenzano del Garda.....	56
Figura No. 3.6 Estructura interior Villa Romana.....	57
Figura No. 3.7 Barreras del río Támesis.....	58
Figura No. 3.8 Muro de contención marina Reino de Tonga.....	59
Figura No. 3.9 Muro de contención del mar Sian Ka'an.....	60
Figura No. 3.10 Escuela flotante Bangladesh.....	60
Figura No. 3.11 Edificio City Hall.....	61
Figura No. 4.1 El castillo o templo de Kukulcan en Chichen Itzá.....	87
Figura No. 4.2 Mascarones mayas.....	91
Figura No. 4.3 Bóveda Xlapac.....	91
Figura No. 4.4 Resto arqueológico en la Ruta Puuc.....	92
Figura No. 4.5 Pirámide del Adivino en Uxmal.....	93
Figura No. 4.6 Proyección de Kukulcán descendiendo.....	94
Figura No. 4.7 Cabeza de Kukulcán, fachada norte del edificio.....	94
Figura No. 4.9 Patrimonio mundial.....	98
Figura No. 4.10 Zonas Arqueológicas.....	98
Figura No. 4.11 Cuadrángulo de las monjas en Uxmal.....	99

Figura No. 5.2 Grieta en dintel.....	105
Figura No. 5.3 Deterioro en fachada.....	105
Figura No. 5.4 Deterioro causado por plantas.....	107
Figura No. 5.5 Daño provocado por microorganismos.....	108
Figura No. 5.6 El patrimonio afectado por los cambios del clima.....	111
Figura No. 5.7 Amenazas climáticas al patrimonio cultural.....	112
Figura No. 5.8 Patrimonio mundial maya.....	114
Figura No. 5.9 Proyección de inundación en 6 metros para la Península de Yucatán.....	114
Figura No. 5.10 Datos históricos huracanes 1866 – 2011.....	115
Figura No. 5.12 Losa de concreto en Ixlapac.....	119
Figura No. 5.13 Cerramiento izquierdo exterior, derecha interior del edificio.....	119

Relación de Tablas

Tabla No. 2.1 Leyes sobre patrimonio cultural.....	73
Tabla No. 2.2 Cartas internacionales sobre patrimonio cultural.....	74
Tabla No. 4.8 Zonas arqueológicas en la Península de Yucatán.....	95
Tabla No. 5.1 Impactos del clima al patrimonio cultural.....	104
Tabla No. 5.11 Categorías y posibles daños por huracanes y tormentas tropicales.....	116

Acrónimos

BIE: Banco de Información Económica.

CAME: Conference of Allied Ministers of Education (Conferencia de Ministros Aliados de Educación).

CIC: Comisión Interamericana de Cultura.

CICC: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.

CINU: Centro de Información de las Naciones Unidas.

CINVESTAV: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados.

COIIM: Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.

CONACULTA: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

CReSIS: *Center for Remote Sensing of Ice Sheets* (Centro de Teledetección de Capas de Hielo).

DACPAI: Dirección de Arquitectura y conservación del Patrimonio Artístico Inmueble.

GEI: Gas de Efecto Invernadero.

GPS: *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamiento Global).

ICOMOS: The International Council on Monuments and Sites (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios Histórico-Artísticos).

ICCROM: *International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property* (Centro Internacional para el Estudio de la Preservación y Restauración de Bienes Cultural).

INBA: Instituto Nacional de Bellas Artes.

INAH: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático).

NOAA: *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica).

NSF: *National Science Foundation* (Fundación Nacional de Ciencias).

OEA: *Organization of American States* (Organización de los Estados Americanos).

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

PIB: Producto Interno Bruto.

PND: Plan Nacional de Desarrollo.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

PREVINAH: Programa de Prevención de Desastres en Materia de Patrimonio Cultural

SECTUR: Secretaría de Turismo.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SEFOTUR: Secretaría de Fomento Turístico.

UNESCO: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura).

UNFCCC: *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático).

Símbolos

Ar: Argón.

a/c: Relación agua/cemento.

CO₂: Bióxido de Carbono.

CO₂ eq: Bióxido de Carbono equivalente.

CFCs: Clorofluorocarbonos.

CH₄: Metano.

f'c: Resistencia a la compresión.

He: Helio.

HFCs: Hidrofluorocarbonos.

Kr: Kriptón.

Ne: Neón.

N₂: Nitrógeno.

N₂O: Óxido Nitroso.

O₂: Oxígeno.

pH: Potencial de Hidrógeno.

Rn: Radón.

SF₆: Hexafluoruro de Azufre.

Xe: Xenón.

Resumen

Este trabajo de tesis es resultado de la versatilidad de la ingeniería civil, de las afectaciones del cambio climático en el patrimonio cultural y en específico en las zonas arqueológicas; de la necesidad de desarrollar medidas que logren reducir al máximo su vulnerabilidad y considera la responsabilidad de los países por la preservación de su patrimonio tal y como lo marca la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. En esta labor la participación activa de la sociedad (científicos, técnicos, investigadores, ingenieros, etc.) es pieza clave.

Para entender la relación entre cambio climático y patrimonio cultural es importante definir cada uno de ellos:

El cambio climático es resultado del calentamiento global, sus orígenes, causas y consecuencias, así como las medidas para atemperar sus efectos son abordados en el capítulo 1. El capítulo 2 aborda el tema de la ingeniería civil considerada uno de los medios para lograr la adaptación de la sociedad, de la infraestructura y, en el caso particular, del patrimonio ante los efectos negativos del clima cambiante.

En el capítulo 3 se consideran las instancias internacionales, nacionales y locales en materia de protección y difusión del patrimonio (zonas arqueológicas), con el propósito de conocer el panorama general. El capítulo 4 aborda el segundo término de la relación, el patrimonio cultural, considerando criterios que son importantes conocer para entender el porqué de la necesidad de protegerle.

Para finalizar en el capítulo 5, se identifican tres zonas arqueológicas vulnerables a diferentes eventos hidrometeorológicos y dos de ellas listadas como patrimonio mundial de la humanidad, se reconocen las principales afectaciones, se plantean algunas propuestas para evitar su deterioro y se enlistan las establecidas por la UNESCO.

Abstract

This thesis is the result of the versatility of civil engineering, of the damages of climate change on cultural heritage and specifically in the archaeological sites, the need to develop measures to achieve minimize their vulnerability and considering it is the responsibility of countries to preserve their heritage as we mark the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. In this work the active participation of society (scientists and technicians in the area, researchers, engineers, etc.) is key.

To understand the relationship between climate change and cultural heritage is important to define each of them;

Climate change is a result of global warming, its origins, causes and consequences and measures to cushion its effects are discussed in Chapter 1. Chapter 2 addresses the issue of civil engineering, considered one of the means to achieve the adaptation of society, infrastructure and in the case of Estate with the negative effects of changing climate.

Chapter 3 looks at the international, national and local protection and dissemination of heritage (archaeological sites) in order to know the big picture. Chapter 4 addresses the second term of the relationship, cultural heritage, considering criteria that are important to know to understand why the need to protect.

To conclude with Chapter 5, there are three different archaeological sites vulnerable to hydrometeorological events and two of them listed as world heritage of mankind, the main effects are recognized, some proposals to prevent spoilage and listed those established by the UNESCO.

Introducción

Como se verá en el desarrollo del presente trabajo de tesis, el patrimonio cultural forma parte ineludible de nuestra vida, es pieza importante de la historia que nos ha sido heredada, del modo de entender la evolución de la cultura y es, además, un gran medio para generar recursos económicos, empleo, inversión y desarrollo regional. La necesidad apremiante de protegerlo ante los embates cada vez más severos del cambio climático, es con la finalidad de seguir disfrutando de él, para evitar que gran parte de la memoria de la cultura que lo creó y que es parte de la identidad nacional se pierda y lograr que futuras generaciones puedan apreciar su magnificencia.

El cambio climático es desencadenado por el calentamiento global, éste último es originado por gases con efecto invernadero (GEI), estos gases reconocidos en el Protocolo de Kyoto son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFCs), los cuales continúan acumulándose en la atmósfera, permitiendo la entrada de radiación solar e impidiendo que el calor reflejado por la Tierra escape al espacio. Dando como resultado un incremento en la temperatura y por tanto variaciones de carácter climatológico.

Es gracias a este proceso, que se lleva a cabo desde hace millones de años de manera natural, que la vida puede existir. El problema emergente es el incremento en la concentración de esos gases en la atmósfera, en especial el CO_2 , que continúa en aumento desde la revolución industrial, gracias a la quema y al consumo irracional de combustibles fósiles (no renovables), la deforestación, los tiraderos de basura, entre otros.

Las perturbaciones que se originan en el sistema climático dan como resultado un incremento en los efectos negativos de los eventos hidrometeorológicos. Se tienen ejemplos impactantes de estos cambios en el territorio mexicano y en otras partes del mundo: el huracán Katrina que en el mes de agosto del año 2005 embistió y fue el más mortal de los últimos 80 años en Estados Unidos; las terribles inundaciones sufridas en el año 2010 afectaron la Ciudad de México, Nuevo León, Veracruz y

Tabasco; a inicios del presente año 2012 se registraron sequías en el norte del país; para el mes de febrero se registraron cuantiosas pérdidas (hectáreas de tierra y cabezas de ganado) en 28 estados por falta de alimento y agua.

Entendiendo lo expuesto anteriormente asociado a los eventos naturales ocurridos, no es difícil caer en la cuenta de que los sucesos climatológicos están siendo exacerbados en su capacidad destructiva, frecuencia y temporalidad, esto demuestra que el cambio climático es un fenómeno innegable y real.

Las perturbaciones al ambiente y a la sociedad, resultado de los impactos del cambio climático, pueden poner en peligro los ecosistemas naturales y sistemas económicos, con secuelas para la preservación de los bienes del patrimonio cultural.

El comité del Patrimonio Mundial reconoció en el año 2005, que los bienes que forman parte del Patrimonio Mundial de la Humanidad, tanto los naturales como culturales, han sido perturbados por los impactos del cambio climático y que otros más pueden ser afectados en los próximos años.

Una de las medidas con las que se puede minimizar los daños causados por los eventos extremos de carácter climático, es la adaptación, desarrollando e implementando medidas logramos disminuir la vulnerabilidad de los ecosistemas, de las infraestructuras, del patrimonio cultural y de los seres vivos, así, se logra reducir además, los costos por catástrofes. Establecer estas medidas implica no sólo contar con los medios para que los seres vivos se adapten a estas nuevas exigencias climáticas, también implica que todo aquello que los rodea sea adaptado y protegido, tal es el caso del patrimonio cultural

Las dimensiones del problema requieren que se comprenda con claridad el desafío y lo que ésto implica para el hombre. Las decisiones que se tomen para su solución, requieren de la atención e intervención de científicos, profesionales, gobernantes y la sociedad misma.

Justificación

La certeza de que existe el cambio climático y de que éste tiene incidencia en los eventos de carácter natural (*sequías, precipitaciones, tormentas, huracanes, tornados*) es cada vez más notoria, existen ejemplos en cualquier parte del planeta sobre su aumento en la frecuencia e intensidad (PNUMA, 2005).

La gravedad de los impactos causados por el cambio climático que ocurrirán en el planeta estribará, en la evolución en el nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero, por otra parte, de las acciones que se emprendan para su mitigación.

En los diversos escenarios es posible esperar, entre otros impactos, los siguientes (PNUMA, 2005):

- Aumento de las temperaturas de entre 1 y 6°C a lo largo del presente siglo XXI
- Elevaciones del nivel de mar entre 10 y 90 centímetros y aumento de las inundaciones costeras por el incremento del nivel medio del mar
- Cambios en los regímenes de precipitaciones
- Aumento de periodos de sequías prolongadas en algunas regiones
- Aumento en la frecuencia, duración e intensidad de eventos climáticos extremos
- Incremento de la frecuencia y severidad de las olas de calor

La *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) publicó el documento *Estudios de caso Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, en él se destaca la importancia del patrimonio cultural para las sociedades actuales y futuras, menciona además que los impactos desencadenados por el cambio climático modificarán las condiciones ambientales de los lugares donde se ubican los restos arqueológicos, estos cambios afectan la armonía química, hídrica y biológica del suelo.

Es necesario actuar de manera diferente, preparándose para el futuro, tomando como base los registros históricos del clima. Las necesidades climáticas del mañana nos obligarán a construir una infraestructura que pueda resistir las nuevas condiciones y sostener un número mayor de personas, así como desarrollar medidas de adaptación para la infraestructura existente; asimismo, utilizar sustentablemente los limitados recursos de tierras y aguas para suministrar alimentos suficientes y biomasa (materia orgánica) para combustible, al mismo tiempo que se conservan los ecosistemas, y remodelar los sistemas mundiales de energía.

Para ello se necesitarán medidas de adaptación basadas en nueva información sobre las pautas cambiantes de las temperaturas, las precipitaciones y las afectaciones a las especies.

Es apremiante resaltar la importancia y la conexión que el patrimonio cultural tiene como memoria social, el legado que nos ha sido heredado es importante en la actualidad, así como lo será para las futuras generaciones. Ya que el patrimonio constituye una forma de inspiración y motivación que nada puede sustituir, además de ser considerado como un elemento de identidad, de la evolución de la cultura que desde su origen ha dado sentido al presente y sin duda lo dará al futuro.

Es importante destacar que el carácter excepcional y frágil del Patrimonio Cultural justifica el análisis y la elaboración de métodos que permitan reducir su vulnerabilidad ante los embates del cambio climático (UNESCO, 2009).

Estado de la Cuestión

Resultado de las diferentes necesidades de adaptación a los impactos provocados por el cambio climático, en diversas zonas del mundo se están estudiando formas para reducir la vulnerabilidad del patrimonio cultural, en respuesta a las exigencias actuales y como medida preventiva contra los pronósticos de los impactos del clima.

A continuación se citan algunos ejemplos de proyectos que pretenden desarrollar medidas de adaptación o que evalúan las afectaciones del cambio climático sobre el patrimonio cultural en diferentes regiones del planeta:

- *NOAH'S ARK* (arca de Noé), coordinando el proyecto Cristina Sabbioni, (*Sixth Framework Programme, 2003*). Tiene como objetivo la investigación predictiva y descriptiva de los efectos del cambio climático sobre los edificios del patrimonio cultural europeo para los siguientes 100 años, así como desarrollar medidas de mitigación y adaptación para los edificios históricos, sitios, monumentos y materiales que pueden ser más susceptibles de ser afectados por el cambio climático.
- *Estudios de caso: Cambio Climático y Patrimonio Mundial*, Agustín Colette, (UNESCO, 2009). Aborda el tema de los impactos del cambio climático observados, así como aquellos que se espera ocurran en el futuro, tanto para los bienes naturales como para los bienes culturales, para cada uno de los casos que se citan en la publicación, además se desprenden posibles soluciones para la adaptación de los patrimonios mencionados.

Pronunciamientos realizados por la UNESCO para la protección del Patrimonio Cultural:

- Protección de los bienes culturales en caso de conflicto armado.
- Protección para el patrimonio cultural subacuático.
- Protección del patrimonio cultural: actos que constituyen crímenes contra el patrimonio común de la humanidad.

El informe titulado “Predicción y Gestión de las Consecuencias del Cambio Climático sobre el Patrimonio Mundial”, presenta un panorama general de las consecuencias que tendrá el cambio climático sobre el patrimonio de carácter natural y cultural, éste documento es resultado del Comité del Patrimonio Mundial al reunir a un grupo de expertos sobre cambio climático y patrimonio mundial.

Objetivo General

Identificar las vulnerabilidades del Patrimonio Cultural Tangible en la Península de Yucatán ante los eventos del cambio climático, para proporcionar material de alerta a las autoridades encargadas de preservar y administrar ese patrimonio.

Objetivos Específicos

- Exponer la información del cambio climático y sus impactos en el patrimonio cultural tangible.
- Priorizar los principales impactos que afectan al patrimonio cultural.
- Identificar las vulnerabilidades relacionadas con el clima y el patrimonio cultural tangible.
- Destacar la importancia de proteger el patrimonio cultural.

CAPÍTULO 1

EL FENÓMENO DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

1.1.El Calentamiento Global como Desencadenante del Cambio Climático

“En el pasado el clima siempre ha sido variable, pero hoy en día se percibe una preocupación creciente acerca de los problemas del cambio climático, tal vez porque la magnitud de los cambios parece no tener precedentes, pero principalmente porque existen evidencias que sugieren que la humanidad podría ser el responsable directo” (UNESCO, 2009).

El calentamiento global es un hecho real y emergente del siglo XXI. El planeta se está calentando, las consecuencias sobre la vida como se conoce podrían ser a futuro adversas, eso si es que se adopta de forma urgente las medidas adecuadas de prevención y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los cambios en el clima producto del calentamiento global son diferentes en cada región del planeta, pues el término global no infiere que se caliente de forma similar en las zonas que le conforman. Las lluvias, el aumento de la temperatura, la humedad relativa, circulación de vientos o las corrientes marinas. responden a las regiones donde se presenten esos cambios.

El cambio climático significa variabilidad de parámetros meteorológicos inducida por forzamientos externos o internos del planeta (por ejemplo, intensidad solar o inestabilidad atmosférica, en orden respectivo) (LÓPEZ, 2009).

Existen otras fenómenos que son de carácter natural y que pueden inferir en el fenómeno de calentamiento global y, por lo tanto, en su clima. A continuación se destacan los más importantes:

Actividad Solar

Los efectos del sol en el planeta son notables, pues provee la energía necesaria para que mecanismos complicados se lleven a cabo, como: huracanes, tormentas, regulación del ciclo hidrológico, etcétera.

A manera de ejemplo sobre la influencia de la actividad solar en el clima en 1645 Antonii Mariae Scheyreli sugirió que un incremento en las manchas solares estaría asociado con el clima frío.

Erupción de Volcanes

Los volcanes emiten grandes cantidades de gases y partículas a la atmósfera al hacer una erupción, por consecuencia de la gravedad las partículas descienden, quedando únicamente los gases. Al oxidarse el dióxido de azufre forma pequeñas gotas de ácido sulfúrico que hacen sombra y enfrían la superficie. Caso contrario con el dióxido de carbono que es transparente a la radiación solar pero opaca a la radiación infrarroja terrestre, por lo que calienta el aire y la superficie.

Corrientes Marinas

Las olas, mareas y corrientes superficiales originan la mezcla de las aguas oceánicas, lo que tiene incidencia sobre la vida en los mares, las corrientes marinas y las olas están afectadas por los vientos. Los vientos están influenciados por el calor generado por el sol. Las corrientes marinas transportan cantidades enormes de agua y energía en forma de calor, como resultado se afecta el clima y la productividad de las aguas.

Los Fenómenos El Niño y La Niña

El Niño cambia los patrones climáticos y provoca lluvias en áreas normalmente desérticas o de poca precipitación y sequías donde generalmente llueve. La Niña consiste en temperaturas atípicas frías en el occidente y centro del océano Pacífico ecuatorial. Cuando el Niño es lo suficientemente severo puede destruir dos terceras partes del planeta mediante sequías e inundaciones e inducir otros fenómenos meteorológicos extremos, así como la alteración del clima.

1.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los gases con efecto invernadero que se encuentran presentes en la atmósfera resultado de las actividades humanas (antropogénicas) o naturales juegan un papel importante en el sistema climático pues permiten el paso de las radiaciones solares de onda corta, pero absorben y emiten las radiaciones de onda larga.

A lo largo de la vida de la tierra se han presentado modificaciones climáticas naturales, sin embargo en el presente siglo XXI las variaciones climáticas que se manifiestan responden al incremento de la concentración de los gases con efecto invernadero en la atmósfera producto de las actividades antropogénicas.

El efecto de invernadero es un proceso inherente del sistema climático, como resultado de la presencia de GEI en la atmósfera. Este fenómeno permite que la vida pueda existir, ya que la tierra debe recibir constantemente la energía que proviene del sol (radiaciones solares), al mismo tiempo, grandes cantidades de energía calórica salen de la tierra y pasan al vasto “resumidero” de calor. La temperatura casi constante de la superficie terrestre era resultado del continuo equilibrio energético “entrada-salida” del ecosistema tierra.

Las variaciones en el fenómeno de efecto invernadero propiciarán vacilaciones directas en el clima como consecuencia de las actividades antropogénicas que amenazan el equilibrio energético.

Más de 1/3 de la energía solar que llega a la atmósfera se refleja hacia el espacio por las nubes, polvo atmosférico y las superficies reflectoras sobre la tierra: nieve, mar, arena. Otro 14%, más o menos, de la energía solar nunca llega a la superficie, pues es absorbida por los gases con efecto invernadero a medida que penetra en la atmósfera. Del restante 50%, aproximadamente un 25% llega directamente a la superficie, el otro 25% se esparce primero en las nubes, polvo, etc., irradiándose eventualmente, hasta la tierra desde dichas nubes y partículas atmosféricas. (SUTTON *et al*, 1981).

El llamado *Efecto Invernadero* es un proceso natural por el cual los gases que están presentes en la atmósfera “atrapan” la radiación que la Tierra refleja al espacio, así, esta emisión de la tierra es producto del calentamiento de su superficie por la radiación solar.

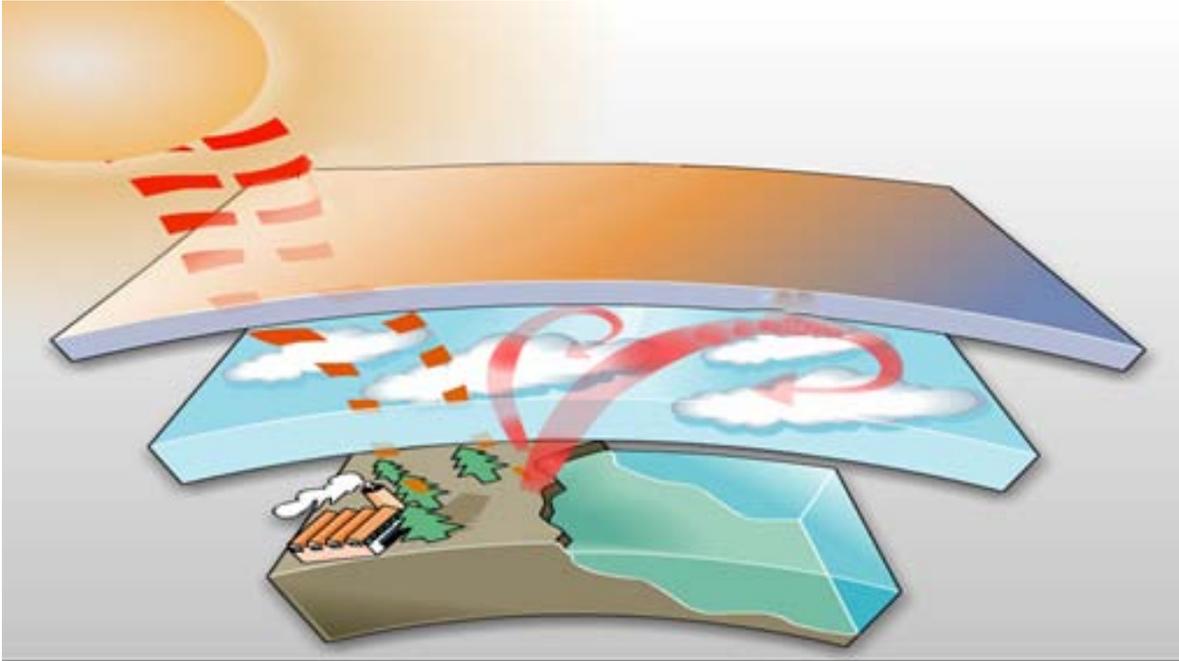


Figura No. 1. 1. El efecto invernadero.

Fuente: emol, 2011.

Los resultados de muchas actividades humanas contribuyen de forma sustancial al incremento del efecto invernadero; la quema de combustibles fósiles, la ganadería, la agricultura, la deforestación, algunos procesos industriales y los depósitos de residuos urbanos provocan el aumento de las concentraciones de estos gases con efecto invernadero en la atmósfera.

El aumento de las concentraciones de GEI provoca que la capacidad de la atmósfera de retener parte de la energía reflejada por la tierra aumente, lo cual produce finalmente el calentamiento global.

La atmósfera se compone de nitrógeno, oxígeno y argón en 99.9 % de la masa gaseosa, el restante 0.1 % lo compone un grupo minoritario de gases entre los que se encuentran los GEI o gases termoactivos (LÓPEZ, 2009).

Existen aproximadamente treinta gases con efecto de invernadero, pero los más importantes, además del vapor de agua, reconocidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) a través del Protocolo de Kyoto son: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre.

Las características de los principales gases de efecto invernadero son las siguientes:

i. Dióxido de carbono (CO₂)

Es el compuesto que más contribuye al efecto invernadero por ser el más abundante en la composición de la atmósfera, producido por el uso de combustible fósil (petróleo, gas, carbón, etc.) y por el cambio de uso de la tierra (deforestación).

Este gas ha contribuido a mantener una temperatura constante dentro de la tierra. También puede originarse en procesos naturales, como la propia respiración animal y vegetal, la descomposición de materia orgánica (basura, cadáveres animales y vegetales, etc.), las erupciones volcánicas, los incendios naturales.

La fotosíntesis de las plantas actúa como su principal sumidero junto con los océanos, la permanencia del gas en la atmósfera se considera de 5 a 200 años.

ii. Metano (CH₄)

A pesar de ser el tercer gas de invernadero más importante, sólo se conocen sus fuentes semicuantitativamente. Al igual que el CO₂, es producido por la combustión de combustible fósil, de igual forma, se produce en los pozos de petróleo, minas de carbón al aire libre, cultivos de arroz y por la digestión alimenticia de los animales.

Su principal sumidero es el radical oxhidrilo, presente en la atmósfera; se oxida y da lugar al CO₂ y vapor de agua, dos gases de invernadero importantes. Su permanencia en la atmósfera es de unos 11 años aproximadamente y es de 21 a 23 veces más eficaz que el CO₂ en cuanto al poder radiativo.

iii. Óxido nitroso (N₂O)

Liberado por la combustión de vehículos motorizados Diesel, así como el empleo de fertilizantes nitrogenados. Aunque su concentración en la atmósfera es escasa, una molécula de N₂O tiene un poder para atrapar calor o radiativo de aproximadamente 230 veces superior a la del CO₂, con un tiempo de permanencia en la atmósfera de 150 años.

La fuente principal del óxido nitroso es la agricultura (gestión del suelo y el estiércol), aunado a esto tenemos diferentes procesos con aportes importantes y que son provenientes del tratamiento de aguas residuales, de los procesos químicos y del quemado de combustibles fósiles.

El N₂O es fuente primaria de otros óxidos de nitrógeno y da origen a nieblas de contaminación fotoquímica.

iv. Clorofluorocarbonos (CFCs)

Son gases no naturales de origen industrial. Son sustancias químicas sintéticas, formadas por cloro, flúor y carbono, también destruyen la capa de ozono en la atmósfera, y hacen que una mayor proporción de rayos ultravioleta llegue a la superficie de la tierra. Los CFCs se utilizan en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, propulsores de aerosoles, extintores de espuma. Con una permanencia en la atmósfera muy larga debido a su estabilidad química, se destruyen en la atmósfera mediante complejas reacciones fotoquímicas.

Término para designar a un grupo de especies orgánicas parcialmente halogenados que abarca a los clorofluorocarbonos (CFC), los hidrofluorocarbonos (HFCs), el cloruro de metilo, el bromuro de metilo, etc.

El hexafluoruro de azufre (SF_6), se utiliza copiosamente en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alta tensión y como auxiliar en la fabricación de sistemas de refrigeración de cables y semiconductores.

1.3. ¿Qué es Cambio Climático?

El cambio climático es uno de los desafíos más complejos de comienzos del siglo XXI. Ningún país es inmune a sus efectos e impactos. Ningún país puede por sí solo afrontar los desafíos que plantea el cambio climático, entre los que se incluyen decisiones políticas controvertidas, un cambio tecnológico impresionante y consecuencias mundiales de gran alcance, (BANCO MUNDIAL, 2010).

1.3.1 Cambio Climático producto de la actividad antropogénica

La atmósfera de la tierra es uno de los bienes ambientales globales más común, es una capa gaseosa que envuelve nuestro planeta y está compuesta por diferentes gases, entre los que destacan:

- Gases Permanentes que Componen la Atmósfera
 - 78% de Nitrógeno (N₂).
 - 21% de Oxígeno (O₂).
 - 0.9% de Argón (Ar)
- Dióxido de Carbono (CO₂) 0.03%
- Gases Raros y Vapor de Agua, 0.03%
 - Xenón (Xe).
 - Kriptón (Kr).
 - Radón (Rn).
 - Neón (Ne)
 - Helio (He).
- Compuestos Químicos Accidentales
 - Hollín.
 - Cenizas Volcánicas.
 - Polvos.
 - Sales Marinas.

Cualquier contaminante gaseoso que sea emitido se disipa y termina por posicionarse en la atmósfera, esto provoca transformaciones en ella, ya que induce variaciones en las concentraciones de los gases que la conforman, afectando así a la biosfera y a la humanidad en su conjunto.

La utilización de combustibles fósiles y tecnologías atrasadas, el cambio del uso del suelo y la destrucción de millones de hectáreas forestales están provocando un aumento en la concentración de los gases con efecto de invernadero en la atmósfera. De acuerdo con estimaciones de la comunidad científica, se requiere un esfuerzo global para reducir tales emisiones, ya que de no realizarse la reducción de GEI, para el año 2100 las concentraciones de CO₂ en la atmósfera podrían generar una transición de la temperatura de entre 1 y 6°C.

Entre las posibles consecuencias de este calentamiento global están la elevación de la temperatura de los océanos, la desaparición de glaciares, la elevación del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos, como sequías e inundaciones debido a una mayor evaporación de agua y superficies oceánicas más calientes, entre otros. Este cambio afectaría severamente la disponibilidad de agua, la continuidad de los servicios ambientales que producen los ecosistemas, y tendría importantes efectos en la salud humana.

Se estima que en 2002 México generó el equivalente a 643,183 millones de toneladas de CO₂ eq., volumen que lo sitúa dentro de los 15 principales países emisores, con una contribución de alrededor de 1.5% de las emisiones globales. En lo que respecta a las fuentes responsables de esas emisiones, corresponde 61% al sector energético; 7% a los procesos industriales; 14% al cambio del uso de suelo (deforestación); 8% a la agricultura y 10% a la descomposición de residuos orgánicos, incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales y los rellenos sanitarios (PND, 2007-2012).

Dentro del sector energético en particular, la generación de electricidad representa 24% de las emisiones; el uso de combustibles fósiles en el sector manufacturero e industrias de la construcción 8%; el transporte 18%; los sectores comercial, residencial y agrícola 5%; y las emisiones fugitivas de metano durante la conducción y distribución del gas natural, otros 5% (PND, 2007-2012).

Como resultado de las modificaciones que produce el calentamiento global en el sistema climático y de las diferentes necesidades de estudiar y entender dicho calentamiento, surge en 1988 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El objetivo del panel es evaluar la información científica, técnica y socioeconómica sobresaliente para la comprensión del cambio climático, así como sus impactos potenciales y las iniciativas de adaptación y mitigación.

1.4. Mitigación, Adaptación y Vulnerabilidades a los Impactos del Cambio climático

Mitigación

La mitigación implica modificaciones en las actividades cotidianas de las personas y en las actividades económicas, con el objetivo de lograr una disminución en las emisiones de gases con efecto invernadero a fin de reducir o hacer menos severos los efectos del cambio climático. (PNUMA, 2005).

Reducir, reutilizar y reciclar, una fuerte política aplicable a todos los sectores, la cual implica mitigar la concentración de GEI, ahorrar en gastos y evitar el desperdicio de recursos. Las acciones conocidas de mitigación no implican precisamente “dejar de usar”, en general están fuertemente ligadas al ahorro energético a través del uso eficiente de aquella energía que lo produce, repercutiendo en menores costos para las personas, las empresas y los gobiernos.

Las edificaciones sean estas residenciales, comerciales o institucionales, en los diferentes sistemas de transporte, en las industrias, en la gestión de residuos domiciliarios e industriales, son sólo algunas actividades donde realizar acciones de mitigación es posible.

Para todas las personas, la mitigación implica una toma de conciencia del problema del cambio climático basado en tres momentos: al diseñar, al comprar y al usar. De este modo cuando diseñemos una casa debemos prevenir la reducción del consumo de energía en calefacción, aire acondicionado e iluminación; cuando compremos un artefacto deberemos evaluar la eficiencia que tienen las distintas alternativas a considerar y, en el momento de usar, debemos fijar prácticas que reduzcan los consumos, sobre todo de energía.

Industria

El empleo de tecnologías limpias en el sector industrial provoca no sólo la mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero, sino también de otros tipos de contaminantes no necesariamente ligados con el cambio climático. Es primordial el cambio de los procesos industriales hacia la eficiencia energética, con ello se puede lograr la mengua de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Edificios residenciales, comerciales e institucionales

Basado principalmente en el uso de tecnologías y prácticas que lleven a la reducción del consumo de energía, algunos ejemplos donde es posible adoptar medidas para reducir los efectos del cambio climático son, en el uso de equipos de calefacción, aire acondicionado e iluminación más eficientes, al elegir mejores aislantes térmicos y al momento de elaborar el diseño integrado de edificios. Para tener un diseño integrado es proyectos de construcción se debe incorporar aspectos ambientales, funcionalidad, confort, salud y estética, claramente principios de sustentabilidad desde su etapa inicial.

Gestión de los residuos domiciliarios e industriales

Los rellenos sanitarios utilizados en centros urbanos para la disposición de los residuos domiciliarios son también grandes fuentes generadoras de GEI, principalmente metano. Este gas puede ser recolectado por medio de tuberías y utilizado para la generación de energía eléctrica o de calor. También puede optarse por su combustión directa, liberando dióxido de carbono cuyo potencial de efecto invernadero es mucho menor que el de este gas. La reducción, reúso y reciclado de residuos tendrá una importancia creciente en el futuro, ya que sus impactos positivos abarcan otros campos además del de cambio climático, como el de la disminución de la contaminación de suelos y recursos hídricos y el de reducción de consumos de materias primas y energía (PNUMA, 2005).

Transporte

Este sector es uno de los grandes emisores de gases con efecto de invernadero gracias al uso de combustibles fósiles. Algunas medidas efectivas para la mitigación serían la sucesión de los combustibles líquidos por el gas natural comprimido, uso de transporte público en vez de automóvil particular, el uso de bicicletas, como también la implementación de reglas de organización del tránsito y de mejoras técnicas en los vehículos.

Adaptación

Es fundamental entender que, de no iniciarse un proceso de adaptación, la vulnerabilidad puede ir en aumento, ya que obedece a un proceso dinámico, por lo que resulta prioritario crear una verdadera cultura preventiva en todos los proyectos económicos y de desarrollo; esto requiere voluntad política y corresponsabilidad social, (CICC, 2007).

Debe entenderse a la adaptación, como un medio importante para reducir la vulnerabilidad de las personas, el entorno y los países, para aquellos países en vías de desarrollo la adaptación representa la mejor oportunidad de reducir la vulnerabilidad, además de que dependen económicamente en gran medida de los sectores considerados más vulnerables a los eventos extremos y atípicos característicos del cambio climático, tal es el caso de la agricultura, la pesca y el turismo (JOINT LIAISON GROUP OF THE RIO CONVENTIONS, 2010).

El patrimonio cultural tangible necesita de medidas que le permitan adaptarse a las nuevas condiciones del clima, las afectaciones podrían ser devastadoras para este tipo de patrimonio, de no iniciarse las tareas para comprender como está siendo afectado y con ello generar esas medidas que le permita la reducción de la vulnerabilidad.

Para adaptarse hay que prever los efectos adversos del cambio climático y tomar las medidas oportunas para evitar o minimizar los daños que pueda causar. Las acciones realizadas con anticipación ahorran gastos por daños posteriores.

Las emisiones pasadas y actuales ya han sometido a la tierra por lo menos a algún tipo de cambio climático en el siglo XXI. Los ecosistemas actuales y las sociedades humanas serán sensibles a la magnitud y la velocidad de este cambio.

Por consiguiente, si bien el control de las emisiones es fundamental, debe estar combinado con esfuerzos para reducir al mínimo los daños, mediante el desarrollo de medidas de adaptación y acciones estructurales que reduzcan el riesgo de catástrofes relacionadas con el cambio climático y que minimice sus impactos cuando éstas se produzcan.

Incluso una reducción inmediata y espectacular de las emisiones de gases de invernadero no podría impedir plenamente los efectos del cambio climático. El sistema climático responde a los cambios en los niveles de gases de efecto invernadero con un desfase en el tiempo, en parte debido a la inercia térmica de los océanos, es decir en el almacenamiento y transporte de calor en el sistema climático.

Los sistemas ecológicos y socioeconómicos más vulnerables son los que tienen mayor sensibilidad al cambio climático y menos capacidad de adaptación. La sensibilidad es el grado en el cual un sistema responde a un cambio determinado en el clima; evalúa, por ejemplo, en qué medida la composición, estructura y funcionamiento de un ecosistema ha de responder a un determinado aumento de temperatura.

La adaptabilidad es el grado en que los sistemas pueden ajustarse en respuesta o en previsión a un cambio de las condiciones. La vulnerabilidad define la medida en que el cambio climático puede perjudicar o dañar un sistema; depende no sólo de la sensibilidad del sistema, sino también de su capacidad de adaptación.

Los inmuebles pertenecientes al patrimonio cultural no pueden por si mismos adaptarse a las nuevas condiciones que el cambio climático produce, esto representa mayor sensibilidad y vulnerabilidad.

Los ecosistemas que ya han estado sujetos a presión son particularmente vulnerables. Muchos ecosistemas son sensibles a las prácticas de gestión del hombre y la creciente demanda de recursos naturales. Por ejemplo, las actividades humanas pueden limitar las posibilidades de que los ecosistemas forestales se adapten naturalmente al cambio climático.

Los sistemas social y económico tienden a ser más vulnerables en los países en desarrollo con economías e instituciones más débiles. Además, las personas que viven en tierras áridas o semiáridas, en zonas costeras bajas, en zonas propensas a las inundaciones o en pequeñas islas, están sujetas a riesgos particulares y mayores.

La mayor densidad de la población en muchas partes del mundo ha hecho que muchas zonas sean más vulnerables a peligros como las tormentas, inundaciones y sequías, esto está dado por los asentamientos irregulares.

La adaptación al cambio climático puede ser un acto espontáneo o planificado, las personas, las empresas, los gobiernos y la propia naturaleza con frecuencia se adaptan a los impactos del cambio climático sin necesidad de ayuda externa. Sin embargo, en muchos casos las poblaciones necesitan planificar cómo han de reducir al mínimo los costos de los efectos negativos y aumentar al máximo los beneficios de los efectos positivos. Una adaptación planificada puede iniciarse antes, durante o después del comienzo de las consecuencias reales.

Las actividades de adaptación pueden ser, tecnológicas (como las defensas contra el incremento del nivel del mar), basado en políticas (como la gestión de riesgos), comportamiento (como el uso racional del agua en épocas de sequía), o de gestión (tal como una mejor gestión forestal), (JOINT LIAISON GROUP OF THE RIO CONVENTIONS, 2010).

Usando el cambio climático como un conductor para llevar a cabo medidas de adaptación se puede lograr múltiples beneficios, incluyendo la lucha contra la desertificación, la conservación de la biodiversidad. Pudiendo así, catalizar el progreso, teniendo como meta el desarrollo sustentable. Enfrentarse al cambio climático involucra la responsabilidad de crear y fortalecer las condiciones que garanticen el bienestar y la viabilidad de la sociedad y de los sistemas naturales bajo escenarios climáticos futuros.

El IPCC señala que la adaptación debe integrar todos los ajustes necesarios para que los sistemas humanos y naturales disminuyan su vulnerabilidad, minimicen daños y aprovechen todos aquellos posibles beneficios de las nuevas condiciones climáticas. En este sentido, es esencial considerar el enfoque de atención prioritaria a poblaciones vulnerables con mayor grado de exposición al riesgo, particularmente niños, mujeres y adultos mayores.

Así, las buenas estrategias han de basarse en las ideas y evoluciones de la legislación, las finanzas, la economía, la tecnología, la educación pública, la capacitación y la investigación. Las prácticas culturales, educativas, administrativas, institucionales, jurídicas y de reglamentación también son importantes para una adaptación eficaz, en los planos nacional e internacional. La variabilidad climática actual, que trae aparejado episodios climáticos extremos, tales como sequías e inundaciones, causan mucha destrucción. Un aumento de los esfuerzos para adaptarse a esos episodios contribuiría sin duda alguna a reducir los daños a corto plazo, con independencia de los cambios en el clima a más largo plazo.

En general, muchas políticas que promueven la adaptación, por ejemplo, mediante el mejoramiento de la gestión de los recursos naturales o el mejoramiento de las condiciones sociales, son también fundamentales para promover el desarrollo sustentable. Sin embargo, pese a esas sinergias, resulta claro que la adaptación también ha de suponer costos reales y no ha de impedir plenamente el daño previsto. Las políticas de adaptación serían útiles aun sin el cambio climático.

La variabilidad climática actual, que conlleva episodios climáticos extremos, tales como las sequías e inundaciones, que son causa de grandes episodios de destrucción. Entonces, un aumento de los esfuerzos para adaptarse a dichos episodios contribuiría a reducir los daños a corto plazo, con independencia de los cambios en el clima a más largo plazo.

La elaboración de estrategias de adaptación se ve complicada por la incertidumbre. No es aún posible cuantificar con precisión los probables efectos futuros sobre un sistema específico en un lugar particular. Ello se debe a que las proyecciones del cambio climático en el plano regional son inciertas, con frecuencia se conocen poco actualmente los procesos naturales y socioeconómicos, y la mayoría de los sistemas están sujetos a muchas presiones diferentes que interactúan.

Los conocimientos han aumentado espectacularmente en los últimos años, pero la investigación y el seguimiento seguirán siendo esenciales para lograr una mejor comprensión de los posibles efectos y las estrategias de adaptación necesarias para abordarlos.

Vulnerabilidades

“Hay cada vez más evidencia de que aumenta la vulnerabilidad de determinados grupos, como los pobres o los ancianos, no solo en los países en desarrollo sino también en los desarrollados”. (IPCC, 2007).

La vulnerabilidad es aquella probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza de carácter natural, pueda sufrir detrimentos materiales y humanos según sea el grado de debilidad de sus elementos, es decir: infraestructura, organización, sistemas de alerta, vivienda, actividades productivas y desarrollo político-institucional.

Esta condición de vulnerabilidad está dada por la forma en que las sociedades se desarrollan, preparan o no para hacer frente a los riesgos o recobrase de las catástrofes, y no por la ocurrencia de fenómenos peligrosos. Es entonces una condición que se presenta durante la catástrofe, cuando no se ha invertido lo suficiente en el diseño y la instrumentación de medidas preventivas y se ha aceptado un nivel de riesgo demasiado elevado.

La vulnerabilidad del patrimonio cultural va en aumento de no considerar los efectos negativos del cambio climático, pues para que los restos arqueológicos puedan conservarse es importante que exista un equilibrio químico, biológico e hidrológico con el sitio que les contiene. Así los procesos que empeoran los daños a estos restos o sitios arqueológicos se verán modificados por los cambios en los parámetros climáticos.

Los eventos hidrometeorológicos *per se* no siempre representan una amenaza, esta se presenta cuando existe la posibilidad de que un evento natural determinado pueda afectar a un grupo o sector social o al patrimonio cultural.

La vulnerabilidad frente a la inestabilidad natural del clima y a los efectos del cambio climático está relacionada con componentes como el crecimiento poblacional, la pobreza, condiciones de salud pública, el crecimiento de asentamientos en lugares de alto riesgo, la intensificación industrial, el deterioro y las carencias de infraestructura o equipamiento territorial y con los efectos locales acumulados por los procesos de deterioro ambiental.

1.5. Efectos del Cambio Climático

Las pruebas que podemos encontrar sobre las variaciones del cambio climático y lo que esto provoca en el planeta son abundantes. Se encuentran ejemplos de sequías severas y prolongadas, regiones con aumento y otras con disminución de precipitaciones, y aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos como tormentas, huracanes y tornados (PNUMA, 2005).

Los cambios del clima afectarán de forma directa o indirecta a los sistemas naturales y socioeconómicos. Entre las afectaciones más importantes podemos destacar:

- Aumento del riesgo de incendio en bosques.
- Pérdidas potenciales de tipos específicos de ecosistemas, en áreas de montaña, humedales y zonas costeras.
- Alteración en la dinámica de producción de alimentos. Aunque pudiera registrarse un aumento de la productividad agrícola por un limitado periodo, probablemente habrá fuertes efectos de caídas sensibles en algunas regiones.
- Aumento del riesgo de daños resultantes de inundaciones, deslizamiento de suelos y otros eventos climáticos, tales como muertes, heridas, enfermedades infecciosas, y afectaciones a la infraestructura.
- Aumento de la incidencia de enfermedades originadas en vectores, como dengue y malaria, con su consecuente incremento de la presión sobre los sistemas públicos de salud.

Entonces la sociedad enfrentará nuevos riesgos y presiones por los impactos del cambio climático. Dichos impactos afectarán en mayor medida a los sectores más pobres, ya que parten de una situación sanitaria más débil, viven en zonas más vulnerables, desarrollan mayores actividades relacionadas con el medio natural y cuentan menos recursos para adaptarse a las nuevas situaciones.

1.5.1. Sectores Afectados por el Cambio Climático

La utilización de agroquímicos, la eliminación de una vegetación autóctona y su reemplazo, las técnicas intensivas de cultivo y el monocultivo, y las técnicas de remoción de suelos que provocan la degradación, dichas actividades producto de la agricultura imponen una gran presión sobre el suelo. A las condiciones anteriores se suman las que son resultado de los impactos del cambio climático.

Para América Latina los problemas que se presentarían para este sector son de vital importancia, ya que dicha región posee una partereveldora de las tierras arables del mundo, en las que además se ha ido generando un proceso de pérdida de fertilidad. Los países que dependen de esta actividad podrían ver considerablemente perturbada su economía debido a los cambios evaluados.

Las variaciones en los regímenes de precipitación y de la disponibilidad del recurso hídrico para riego, afectará sin dejar lugar a dudas la productividad de los cultivos. En ciertas áreas el aumento en grados de la temperatura podría mejorar los cultivos, pero en otras podría ser perjudicial. Ya que podrían presentarse nuevas plagas, lo que implica el uso de agroquímicos de mayor potencia.

Los cambios que afecten la agricultura embestirán directamente a la industria alimenticia. Es importante mencionar que los cultivos que no sean afectados, dependen por un lado de la evolución y de los mecanismos de adaptación de las especies que se cultiven por otra parte el tipo de suelo y los nutrientes disponibles. Algunas formas de adaptación para este sector a los eventos del cambio climático serían: cambios en las fechas de siembra, uso de riego artificial o la selección de distintas especies.

Como consecuencia de estos cambios los agricultores con menos recursos económicos serían los más afectados, ya que verían limitadas sus posibilidades de adaptación(PNUMA, 2005).

La biodiversidad que se presenta en América Latina y el Caribe es de relevancia mundial ya que posee una de las mayores concentraciones del planeta. Que son afectadas o están fuertemente amenazadas por el clima cambiante. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se considera que sólo el 20% de ellos están estables o intactos. Y que es de relativa importancia el contexto de América Central, que contiene el 8% de la biodiversidad del mundo, en un área que es sólo el 0.4% de la superficie continental total.

Las especies de animales y vegetales que sólo pueden habitar en un rango acotado de temperaturas, se verán afectados según indican las predicciones en la temperatura del mar y la superficie terrestre. A manera de ejemplo se puede mencionar que con tan sólo un aumento del orden de 3°C los corales morirían, aquellos lugares donde determinado tipo de plagas no se presentan podrían estar amenazados por su aparición.

Todo esto provocaría que muchas de las especies que actualmente se encuentran en peligro de extinción desaparezcan al ver modificados su clima y entorno o por falta de alimentos, y que nuevas especies sean incluidas en la categoría de vulnerables. Desde 1994 unas 400 especies de pájaros han sido agregadas a la lista de animales en riesgo y se supone que entre 600 y 900 nuevas especies se podrían incluir en la lista debido a los cambios que se están ocasionando en el ambiente(PNUMA, 2005).

Otra manifestación producto del cambio climático será el aumento del promedio de temperaturas de los océanos y mares, sumado a la contribución del derretimiento acelerado de los hielos producirá una disminución en el volumen del hielo marino y un aumento en el volumen específico.

Como resultado de los análisis a seis escenarios elaborados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, se desprende que el nivel del mar se incrementará de 10 a 90 centímetros para el año 2100. Considerando el aumento de esta dimensión afecta con inundaciones ocasionando con esto problemas a los asentamientos humanos, a los ecosistemas costeros, las actividades productivas (pesca y agricultura) así como a la infraestructura de las zonas bajas, las zonas costeras y los pequeños estados insulares

Es primordial la necesidad de prever las consecuencias de los impactos del cambio climático sobre las actividades de pesca y turismo, considerando que parte importante de la actividad económica de algunos países depende claramente de esas actividades.

La erosión de las playas y la pérdida de dunas en áreas costeras, es en gran parte consecuencia del incremento del nivel del mar, lo que provocaría el ingreso de agua salada a los cuerpos de agua dulce, complicando de esa manera el suministro de agua potable para el consumo humano o para las actividades económicas.

El aumento de la temperatura ocasionaría efectos importantes como el cambio de la circulación de los océanos, con ellos se modificaría la disponibilidad de los nutrientes y de fito y zooplancton, desencadenando una alteración en la distribución de animales marinos y peces así como aves y mamíferos. Otro efecto no menos importante del aumento de la temperatura sería el cambio de la circulación de los océanos, lo que modificará la cantidad de nutrientes y de fito y zooplancton presentes, produciéndose, así, una alteración en la distribución de peces y otros animales marinos, como aves y mamíferos.

El recurso hídrico es abundante en América Latina y se manifiesta en los tres estados físicos. Entre los trópicos, en especial entre el Ecuador y el de Capricornio, se presenta la escorrentía superficial, particularmente la vertiente atlántica; la humedad atmosférica es utilizable en la California mexicana y en la costa del sur del Perú y norte de Chile; son destacables los humedales en el Brasil, en el Paraguay y en la Argentina, la nieve y los glaciares en la cordillera de Los Andes y el enorme depósito subterráneo, conocido como Acuífero Guaraní, que abarca territorios del Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina.

El riesgo es el principal uso del vital recurso hídrico. Presentándose de la siguiente manera, Colombia y Venezuela 40 %, hasta el 75 % en doce países de la región latina. El 60 % del uso total de agua corresponde a riego, es relevante destacar el impacto sobre los sistemas de producción de alimentos.

Los efectos del cambio climático dependen de las condiciones climáticas existentes y de las acciones antropogénicas, que varían en lo vasto del territorio latinoamericano.

El aumento de la temperatura y evaporación en las zonas tropicales producirá un incremento en las precipitaciones y, con ello, un efecto positivo en los cultivos de secano (es aquella en la que no se utiliza el agua potable o tratada por el hombre, pero si el agua que proviene de la lluvia), y en el volumen de los depósitos subterráneos. Los aspectos negativos, asociados a este aumento en las precipitaciones, sustancialmente potenciado por las acciones antropogénicas, serán las inundaciones en las llanuras con escasa energía hidromórfica y en las ciudades ribereñas de elevada vulnerabilidad. En los océanos se producirá un incremento de nivel, que afectará a las poblaciones ribereñas, también un aumento en la temperatura que alterará el equilibrio existente en la diversidad y distribución de la fauna íctica (PNUMA, 2005).

Consecuencia sobre las ciudades. Las perturbaciones económicas y sociales ocasionadas por las inundaciones podrían verse incrementadas por la intensidad y la frecuencia de los eventos extremos de carácter climático, como huracanes, tormentas y tornados. En aquellas ciudades que carecen de sistemas de drenaje y sin la adecuada gestión del agua, este problema se intensificaría provocando efectos negativos en las sociedades.

Las olas de calor aumentan el efecto de burbuja urbana, originan diferencias en la temperatura de hasta 5 grados, entre las ciudades y las zonas que las rodean, éste aumento en la temperatura implica cambios en la demanda del servicio energético, para abastecer las necesidades de sistemas de refrigeración.

Esas variaciones podrían ser compensadas con el uso eficiente y racional de la energía, con la implementación de infraestructura moderna y la participación de tecnologías con menores niveles de emisiones de gases con efecto de invernadero.

El cambio climático provocará dos tipos de impactos sobre la salud: directos e indirectos. La pobreza y la creciente demografía, suelen estar acompañadas por sistemas de salud y sanitarios inadecuados, factores que limitarán la capacidad de adaptación a los impactos del clima, los impactos que sobre la salud se manifiesten dependerán del tamaño, la densidad y el estado sanitario de las comunidades.

Los impactos directos estarán relacionados con los eventos meteorológicos extremos (por ejemplo: tormentas e inundaciones o, en el otro extremo, sequías), también con las olas de calor o frío más fuertes y prolongadas. Estos efectos se verían agravados por la presencia de niveles de humedad superiores a los actuales, vientos menos potentes y una radiación solar ultravioleta más fuerte. Se espera un incremento de muertes por efecto del calor (afectando en mayor medida a ancianos y niños) y disminución de aquellas relacionadas con las bajas temperaturas.

Los impactos indirectos estarán relacionados por un lado con la expansión del área de incidencia de los vectores de transmisión de enfermedades (hacia los polos y hacia mayores alturas), debido a las mayores temperaturas resultantes del calentamiento global y, por otro, con los cambios en los ciclos hidrológicos, que a través de inundaciones o de escasez de agua faciliten la aparición de enfermedades relacionadas con el uso y la disponibilidad de agua apta para el consumo humano, como el cólera o la diarrea. Las enfermedades típicas en las regiones tropicales y subtropicales de América Latina y de otras partes del mundo encontrarán un clima más propicio para su expansión (PNUMA, 2005).

A manera de ejemplo, la transmisión de agentes infecciosos diversos, virus, bacterias o protozoarios, que pueden vivir períodos prolongados hasta encontrar un huésped en el cual depositarse, se permitirá más fácilmente por las aguas cálidas. La diversificación de enfermedades transmitida por insectos se verá favorecida por las nuevas condiciones de humedad y calor, tal es el caso de la malaria y el dengue, cuyos vectores son los mosquitos.

1.6. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)

El IPCC, por sus siglas en inglés, es un órgano cuya función es analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que presume el cambio climático provocado por las diferentes actividades humanas, así como sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y mitigación del mismo.

Una de las principales actividades de este grupo es hacer la evaluación periódica de los conocimientos sobre el cambio climático, además de elaborar informes especiales y documentos técnicos sobre temas en los que se considera necesario la información y el asesoramiento científico e independiente y respalda a la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Las evaluaciones elaboradas por el IPCC, publicadas en diferentes volúmenes, han desempeñado un papel primordial ayudando a los gobiernos a adoptar y aplicar políticas de respuesta al cambio climático.

Desde su establecimiento se han publicado cuatro informes de evaluación, la primera de ellas en 1990 en la cual se estableció que la amenaza del cambio climático es real. Para los años 1995 y 2001, el IPCC publicó dos reportes de evaluación en los cuales se confirma que el calentamiento global es producto del incremento en la atmósfera de gases con efecto invernadero los cuales tienen un origen antropogénico.

El cuarto reporte se dio a conocer en el año 2007, este último ofrece una síntesis que aborda específicamente los aspectos de interés para los responsables de políticas en la esfera del cambio climático, en él se confirma que el cambio climático es una realidad, fundamentalmente por efecto de las actividades humanas, se ilustran los aspectos del calentamiento mundial, el potencial de

adaptación de la sociedad para reducir su vulnerabilidad y, por último, ofrece un análisis de costos, políticas y tecnológicas que traerá aparejada una limitación de la magnitud de los cambios futuros (IPCC, 2007).

El IPCC trabaja en el *quinto* informe que estará completo para el año 2013 o 2014, en comparación con las publicaciones anteriores, el quinto ó AR5 pondrá mayor énfasis en la evaluación de los aspectos socioeconómicos del cambio climático y sus implicaciones para el desarrollo sustentable, gestión de riesgos y la formulación de una respuesta a través de la adaptación y mitigación. Como objetivo se plantea, proporcionar información más detallada sobre las regiones, en particular sobre los fenómenos climáticos como los monzones y El Niño (IPCC, 2011).

CAPÍTULO 2

LA INGENIERÍA CIVIL ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

En el capítulo uno se abordó el tema de mitigación y adaptación al cambio climático. En él se planteó que la mitigación es aquella acción que logra reducir las emisiones de gases efecto invernadero con el objetivo de que los embates del cambio climático puedan atemperarse a largo plazo, además de evitar alteraciones hacia el sistema climático.

Por medio de la adaptación se logra disminuir la vulnerabilidad de las personas, de la infraestructura, de los sectores económicos, del patrimonio -sea este natural o cultural-, de los estados, etc. Es importante resaltar que para lograr una adecuada adaptación es necesario estudiar y determinar de qué manera los impactos del cambio climático afectarán el entorno, con ello se pueden desarrollar medidas que permitan reducir la vulnerabilidad y así reducir los costos que implican las catástrofes naturales.

Para lograr que se lleven a cabo esas medidas de adaptación es necesario apoyarse en diferentes ramas de la ingeniería, tal es el caso de la ingeniería civil, para que las obras, los estudios y los proyectos que se realicen puedan contemplar acciones y tecnologías limpias, que permitan la reducción de la vulnerabilidad y una mejor armonía con el entorno cambiante desencadenado por el calentamiento global.

2.1. La Ingeniería Civil y la Adaptación al Cambio Climático

La ingeniería civil es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de física, química y geología a la elaboración de infraestructuras, obras hidráulicas y de transporte. Además diseña planes de organización territorial como prevención de desastres, control de tráfico y transporte, manejo de recursos hídricos, servicios públicos, tratamiento de basuras y todas aquellas que garantizan el bienestar de la humanidad que desarrolla su vida en conjunto con las obras civiles construidas por ingenieros.

En esta vertiente de la ingeniería se deposita la responsabilidad de prevenir riesgos, planear, diseñar, construir, mantener y operar, pero también modernizar y transformar la infraestructura de cualquier campo o ciudad, así como atender los desafíos de crecimiento y desarrollo.

Es por eso, que la ingeniería civil en conjunto con otras disciplinas juega un papel muy importante para afrontar los embates del cambio climático, desarrollando y ejecutando medidas que permitan reducir las emisiones de gases con efecto invernadero que están propiciando el sobrecalentamiento del planeta.

Por otra parte, es de vital importancia tomar conciencia y hacer frente a los temas de adaptación y vulnerabilidad, ya que el primero puede ofrecer resultados en el corto plazo y beneficios concretos a grupos de personas y comunidades a través de proyectos de ingeniería, construcción de infraestructura y adecuación del entorno. Por lo tanto, es importante establecer medidas de adaptación para enfrentar esos impactos en la población, las infraestructuras y los ecosistemas (LÓPEZ, 2010).

Dichas medidas darán como resultado que la vulnerabilidad de las especies, los ecosistemas, la infraestructura y el patrimonio cultural se vea reducida ante los impactos del cambio climático, disminuyendo así la posibilidad de desastres.

Es en el sentido de transformación donde interviene la ingeniería civil, en sus labores está la tarea más importante, que es la procuración de la adaptación de la infraestructura existente y la creación de infraestructura adecuada para las nuevas exigencias del clima cambiante.

The Royal Academy of Engineering publicó en 2011 el documento titulado “*Engineering the Future*” en el que resalta que la ingeniería es la herramienta para la adaptación de la infraestructura, para con ello asegurar los servicios en ese futuro cambiante. El cambio climático impactará la infraestructura de los servicios como la energía, el transporte, el agua y de las comunicaciones, sectores que las sociedades necesitan para el día a día y de las cuales no se puede prescindir.

Para el sector transporte, que además depende del sector energía, el cambio climático representa una amenaza seria, debido a que todo aquello que compone la infraestructura como los caminos, terminales, puentes, los sistemas de posicionamiento global (GPS), las tuberías que conducen combustibles, entre otros, son vulnerables a los impactos que resultan del clima cambiante, es pues importante identificar y determinar como son afectados y las medidas de adaptación, así como el intercambio de información que resultaría en una mejor reducción de dicha vulnerabilidad.

De igual manera las variaciones climáticas influirán en la demanda de energía eléctrica, las elevadas temperaturas obligarán a usar más equipos de refrigeración, por tanto mayor consumo de electricidad; las inundaciones pueden hacer estragos en los sistemas de suministro del recurso eléctrico y combustible, así como las altas temperaturas repercutirán en la eficiencia de la transmisión eléctrica. Las sequías alterarán las centrales eléctricas en la generación de electricidad, un aumento del nivel de aguas en ríos, podría causar problemas ambientales en la zona así como a la infraestructura de las centrales eléctricas.

Las comunicaciones han sido afectadas ya por eventos climatológicos, a manera de ejemplo se puede decir que los huracanes derriban una buena cantidad de postes o dañan equipos de comunicación dejando a las comunidades incomunicadas. Ahora, considerando los eventos futuros, producto del calentamiento global, los impactos al sistema de comunicaciones serían graves con el incremento en la intensidad de los eventos hidrometeorológicos. La intensidad en los vientos afectará a los postes de teléfono y las antenas; las lluvias menguarán las señales de telefonía celular, las variaciones en la humedad aumentan las interferencias.

Un aumento en la demanda de agua por el incremento de las temperaturas supondría un problema mayúsculo, pues la escasez del líquido vital, según los escenarios para el futuro, es posible. En las zonas costeras el incremento del nivel del mar -y como resultado la intrusión marina- pondría en riesgo las reservas de agua dulce en los mantos acuíferos.

El aumento en la intensidad y duración de las lluvias supone otro problema para el sistema de alcantarillado, lo que conduciría a inundaciones más frecuentes y severas, basta con recordar los hechos ocurridos en Chalco Estado de México en febrero de 2010.

Los ingenieros deben redoblar esfuerzos para desarrollar las soluciones idóneas a los problemas, abrigándose en las nuevas tecnologías y considerando la modelación de escenarios para definir las mejores respuestas de adaptación e innovación para la infraestructura de los sectores hídrico, energético, de transporte y comunicación, con el propósito de evitar que éstas sean impactadas y por ende, la calidad de vida de las personas que hacen uso de ellos se vea afectada.

2.2. La Ingeniería Civil y la Protección del Patrimonio Cultural Tangible

La exposición *in situ* de las zonas arqueológicas, hace de la tarea de preservarlos y conservarlos algo complicado, pues la acción propia del clima, el paso del tiempo y la constante acción del hombre repercute en el deterioro de los bienes muebles e inmuebles, es justamente ahí donde la ingeniería civil juega un papel muy importante, con el desarrollo y ejecución de obras ingenieriles para brindar protección y/o albergar al patrimonio cultural.

En el año 1956 se celebró en Nueva Delhi, la novena reunión organizada por la UNESCO, en la que ya se contemplaba la conservación en el sitio de origen de los vestigios arqueológicos. El documento que resultó de la reunión invita a los Estados Miembro a aplicar medidas de orden técnico o jurídico y que éstas sean adecuadas para asegurar la protección y conservación de obras de arte, monumentos y lugares de interés histórico o arqueológico (UNESCO, 1957: 25). Así, debe asegurarse que el bien estará protegido ante cualquier eventualidad.

Por tal motivo en varias partes del mundo se llevan a cabo medidas para proteger al patrimonio cultural con estructuras o elementos desarrollados por ingenieros, con la meta de aminorar el deterioro por impactos provocados por el clima o por el hombre.

A continuación se presentan ejemplos, donde la ingeniería civil hace su aporte para la preservación de bienes muebles e inmuebles.

Zona arqueológica Mitla

En el año 2009 en la zona arqueológica de Mitla en el estado de Oaxaca, el Instituto Nacional de Antropología e Historia dio fin a los trabajos para cubrir las grecas que decoran el edificio más importante “El Palacio”. Las cubiertas instaladas protegen el cuadrángulo completo, el cual contempla cuatro salones decorados, únicos en Mesoamérica (INAH, 2009).

Según análisis llevados a cabo con el fin de identificar las causas que afectaban el bien, se encontró que la acción directa de la lluvia, el sol, de los cambios de temperatura durante el día y la noche, la erosión del viento y la formación de microorganismos tenían incidencia directa en la degradación del patrimonio. Al implementarse la techumbre (Figura 3.1) se logró abatir dichos impactos (INAH, 2009).

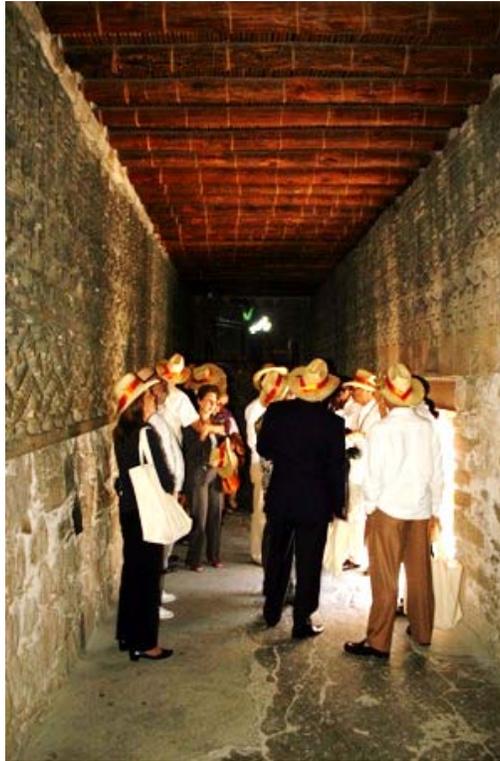


Figura No. 2.1 Cubierta sobre salón.
Fuente: Oaxaca Digital, 2011.

Zona arqueológica Cacaxtla

Cacaxtla (lugar donde muere la lluvia en la tierra) ubicada en Tlaxcala es un importante basamento, fundada por los olmecas-xicalancas entre los años 600 y 900 d. C. A partir de 1975, cuando se descubre la zona y gran parte de sus murales, se inician los trabajos de rescate y conservación del conjunto arquitectónico y de sus componentes decorativos. Entre los restos encontrados se hallan utensilios de piedra y hueso, puntas de proyectil, restos óseos, figuras humanas a base de barro y cerámica. La zona está protegida por una estructura y techo metálico con tirantes en los apoyos para una mayor estabilidad, el tipo de estructura permite el flujo de aire y reduce el impacto en el equilibrio físico, químico y biológico, permitiendo una adecuada conservación del lugar.



Figura No. 2.2 Estructura sobre basamento en Tlaxcala (izquierda)
Fuente: panoramio, 2012.



Figura No. 2.3 Techumbre en Cacaxtla (derecha)
Fuente derecha: Callender, 2010.

Yacimiento arqueológico Desenzano del Garda

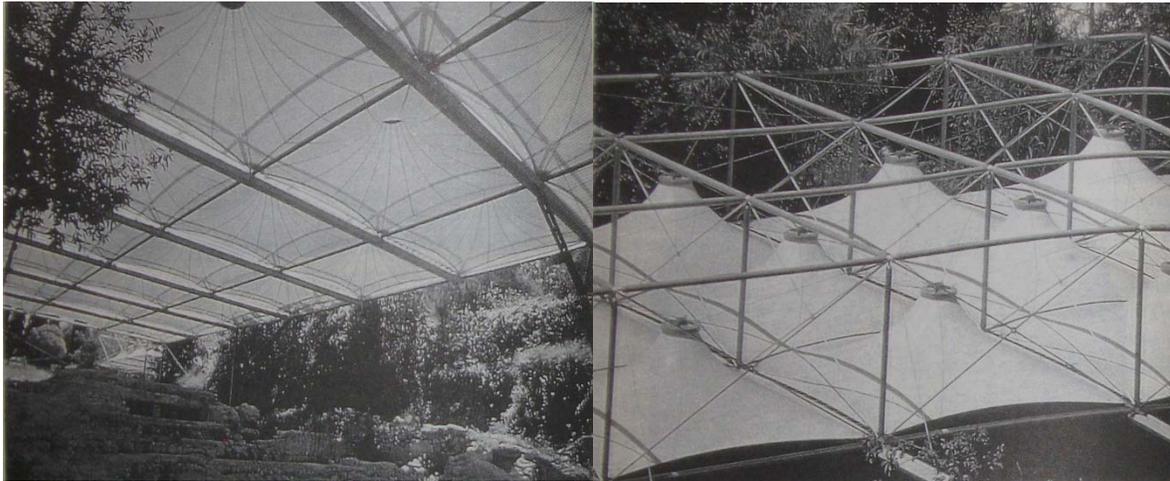


Figura No. 2.4 Modelo de cubierta flexible (Italia), parte inferior (izquierda) y superior (derecha).
Fuente: Hernández, 2002.

Entre otros ejemplos de este tipo, realizados en otros países, se puede citar el caso del yacimiento de Desenzano del Garda, Italia, la estructura fue diseñada por el arquitecto Marco Albini, concebida para dar protección al parque arqueológico. Dicha estructura cubre exclusivamente el bien inmueble, y contempla las siguientes ventajas (Hernández, 2002: 420), (ver detalle en Figura 3.5):

- Defensa contra el sol, lluvia y el viento.
- Control de temperatura y humedad relativa.
- Impacto ambiental mínimo.
- La estructura no representa ningún tipo de interferencia con la apreciación del lugar.



Figura No. 2.5 Parque arqueológico de Desenzano del Gard.
Fuente: Google Maps, 2012.

Villa Romana del Casale

La villa Romana del Casale en Sicilia Italia, simboliza la explotación del campo llevada a cabo por los romanos. Este maravilloso lugar da muestra de la calidad y riqueza de los mosaicos que adornan la mayoría de las habitaciones del complejo y que son los mejor conservados *in situ* en el mundo, además de ser una de las villas más lujosas. Ahí se uso una estructura metálica, ventanales de plástico y un sistema de rampas (andadores) para evitar el impacto negativo y con el fin de proteger las decoraciones que caracterizan el lugar.

Sin duda un gran trabajo de ingeniería que se levanta sobre los restos arqueológicos, pero debido a las condiciones de la estructura se puede generar un microclima que afectaría el equilibrio físico, químico y biológico desencadenando un posible deterioro de los mosaicos. Es importante notar que la estructura metálica descansa sobre los muros del inmueble y en el caso de que esta falle por acción de un evento externo o el paso del tiempo el impacto sería mayor pudiendo derrumbar partes importantes de la estructura original.



Figura No. 2.6 Estructura interior Villa Romana
Fuente: UNESCO, 2012.

2.3. Medidas de Mitigación y Adaptación

Los impactos causados al sistema climático por las actividades del hombre son una realidad, las actividades y/o propuestas de mitigación y adaptación no deben pasarse por alto en los proyectos de construcción, pues en ese sector se puede hacer un cambio importante para disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero, ya que la cantidad de recursos energéticos y de materias primas empleadas durante la planeación, ejecución, mantenimiento y deconstrucción contribuyen a aumentar dichas emisiones. Los objetivos o metas de la ingeniería civil deben apuntar hacia las nuevas tendencias de planeación y construcción, analizando las herramientas y técnicas que sean menos perjudiciales al ambiente y que beneficien a la sociedad en cuanto a la adaptación a esos eventos originados por el cambio climático.

A continuación se presentan ejemplos de construcciones hechas por ingenieros y arquitectos especialistas y gente de la zona de lugares afectados con medidas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

Las barreras de Río Támesis fueron construidas para proteger a la ciudad de Londres contra las inundaciones provocadas por las variaciones atípicas de las mareas.



Figura No. 2.7 Barreras del río Támesis
Fuente: blogdeturismo, 2010.

Estas barreras se empezaron a construir en 1974, su funcionamiento inició en 1982 y en 1983 se usaron por primera vez. Las barreras se encuentran en el fondo del río, tienen una altura de 20 metros, en caso de emergencia rotan 90° hasta alcanzar una posición vertical y formar un muro de acero de 520 metros de longitud para contener el agua, cuando no está en uso las barreras descansan en el lecho del río (Environment Agency, 2010).

Otro ejemplo de estas acciones es el muro de contención marina, en el Reino de Tonga, Pacífico sur. El propósito del muro es proteger los asentamientos humanos cercanos a la costa de los posibles incrementos del nivel del mar. En la Figura se puede apreciar las marcas del aumento de la marea.



Figura No. 2.8 Muro de contención marina Reino de Tonga.
Fuente: López, 2010.

En México, en el estado de Quintana Roo los lugareños construyeron una especie de muro con piedra caliza para proteger las partes bajas en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an "El origen del cielo", con esto se pretende evitar que el mar invada la reserva, logrando de esa manera su preservación. Esta reserva se declaró Patrimonio de la Humanidad en 1986 por la UNESCO. Cuenta además con el segundo arrecife más largo del mundo.



Figura No. 2.9 Muro de contención del mar Sian Ka'an.
Fuente: López, 2010.

En Bangladesh, una medida de adaptación a agentes naturales como la lluvia, que podría elevar los niveles de las aguas, poniendo en riesgo a las sociedades y su infraestructura, es la escuela flotante. Bangladesh es además el país más afectado por desastres naturales.



Figura No. 2.10 Escuela flotante Bangladesh
Fuente: NationalGeographic, 2011.

Situado en la orilla sur del río Támesis en Londres, este ejemplo de construcción sustentable es una forma de mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, pues tiene la capacidad de utilizar sólo una cuarta parte de la energía que consume un edificio típico de oficinas con aire acondicionado. La forma y alineación del edificio le permite utilizar menor energía para calentamiento y enfriamiento. El calor generado por las computadoras y las luces se recolecta y posteriormente se recircula (Foster + Partners, 2010).



Figura No. 2.11 Edificio City Hall.
Fuente: Foster + Partners, 2010.

En el capítulo uno y dos se han sentado los principios que conducen a considerar a la ingeniería civil como un medio importante en materia de adaptación, por lo tanto es de gran consideración resaltar las investigaciones que se llevan a cabo para determinar el grado de impacto que tiene el cambio climático sobre los materiales y estructuras (concreto y acero) de los que dicha rama de la ingeniería se apoya para la construcción de infraestructura vital para la sociedad, con el propósito de encontrar las variables que ayuden a desarrollar y evolucionar en materia de diseño, construcción y mantenimiento de las obras civiles.

El concreto es el material aglutinante que sustituye actualmente a otros materiales que utilizaron las civilizaciones pasadas, es además uno de los materiales que ha apuntalado y detonado el desarrollo de los países conformando el aspecto actual de las ciudades, vías de comunicación y aquellos lugares destinados a la vivienda y/o el trabajo.

Con la limitada posibilidad de la civilización maya para obtener los recursos necesarios y dar tratamientos para conseguir diferentes tipos y calidades (resistencia y durabilidad) de esos materiales, los constructores de esas civilizaciones lograron materializar sus obras con la introducción y utilización del concreto permitiéndoles consolidar, transformar y evolucionar sus sistemas de construcción al grado de desarrollar una arquitectura monumental y en armonía con el entorno, construcciones que hoy conforman el patrimonio cultural tangible de la Península de Yucatán y de la que somos testigos.

Aún se conservan grandes centros ceremoniales y templos que son estudiados por propios y extraños, ejemplos de este tipo de construcciones podemos encontrar en Palenque y Bonampak (Chiapas), Uxmal y Chichen Itzá (Yucatán), Tikal (Guatemala) y Copán (Honduras), entre muchas otras.

La importancia de las medidas de mitigación y la investigación en materia de ingeniería civil incide en la mejora estructural de los edificios, con lo que se logra reducir su vulnerabilidad así como la de sus ocupantes ante eventos hidrometeorológicos cada vez más adversos y negativos.

A continuación se presenta un ejemplo de estudio realizado por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), que ilustra la vinculación directa entre el cambio climático y el material emblemático por excelencia que utiliza la ingeniería civil para materializar sus proyectos (CASTRO *et al*, 2012).

El estudio se realizó para determinar el grado de impacto que tiene el cambio climático sobre la durabilidad del concreto en la costa (puerto de Progreso) de la Península de Yucatán, el proyecto utilizó datos históricos desde 1961 hasta el año 2008 obtenidos del Centro Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua, los datos considerados fueron: temperatura promedio y máxima, humedad relativa y evaporación.

Huracanes y lluvias más frecuentes e intensas originarían que los cloruros del mar afectaran la infraestructura que no está diseñada o construida para resistir los incrementos de los agentes perturbadores que desencadenarían un deterioro acelerado y por tanto reduciendo considerablemente el tiempo de vida útil del inmueble.

Se utilizó diferentes resistencias a la compresión ($f'c = 150, 250$ y 350 kg/cm^2) y relación agua/cemento ($a/c = 0.46, 0.53$ y 0.76), con un tiempo de fraguado del concreto de 7 días.

Se prepararon sesenta cilindros ($7.5 \times 15 \text{ cm.}$) de control en dos grupos, treinta de ellos únicamente de concreto para controlar los cloruros y la carbonatación, el 50 % de los cilindros restantes se hicieron con una barra de acero corrugado # 3 y un electrodo de referencia embebidos al concreto, con el propósito de monitorear los patrones de la corrosión.

Los sesenta cilindros fueron expuestos a condiciones ambientales agresivas (sal en el aire, carbonatación, altas temperaturas, precipitaciones y alta humedad relativa) desde 1993 y de manera simultánea.

El proyecto concluyó en que existe una relación entre los efectos negativos del cambio climático y la concentración de cloruro en el concreto, divididas en dos componentes: aquellos que se producen entre las estaciones del año y debido a cambios atmosféricos locales y los que son producto de patrones a largo plazo (externos) movimiento de la Tierra alrededor del sol, manchas solares, etc. Dichas concentraciones fueron mayores en las muestras con menor $f'c$ y menores en las de mayor resistencia $f'c$.

El conocimiento de las condiciones de las estaciones del año, así como de la existencia y duración de los patrones climáticos plurianuales ofrecen información notable (efectos negativos que pondrían en peligro la durabilidad del concreto), con lo que se puede determinar estrategias de protección ante los períodos de alto impacto, logrando mejorar los diseños, reducir el deterioro y aumentar la vida útil de la infraestructura.

Estas obras desarrolladas por ingenieros conllevan enormes cantidades de recursos (humanos, técnicos, materiales y financieros), que con una correcta evaluación y planeación potencializan positivamente la economía de un país, las variables que determinen su utilidad, calidad, tiempo de vida, entre otros, cambian negativamente cuando factores humanos o externos (climatológicos) no son cabalmente considerados, logrando así, menguar en la operación de dichas obras.

Es por consiguiente, de gran utilidad el que se realicen investigaciones específicas como la citada, que consideran un hábitat típico de existencia de patrimonio (Península de Yucatán), un material representativo (concreto) de los trabajos de adaptación a las consecuencias del cambio climático (impactos de ciclones, inundaciones, variabilidad extrema de temperaturas) y la necesidad de que se tome en cuenta la variable de cambio climático en los trabajos de ingeniería civil en la realización de esas obras centenarias.

Este tipo de investigaciones muestran con gran claridad la vinculación existente entre la ingeniería civil y el cambio climático, con ello los ingenieros constructores tienen la oportunidad de avanzar en la planeación, diseño y construcción para enfrentar las situaciones adversas del clima.

Además es importante reconocer que el cambio climático no sólo representa una amenaza para la infraestructura, es también posible considerarla como una oportunidad de mejorar y desarrollar técnicas así como optimizar los materiales en las construcciones y para establecer medidas que logren la adaptación adecuada de las obras de ingeniería, este punto demuestra la inexorable relación entre los proyectos civiles y el ambiente donde éstas se desplantan.

CAPÍTULO 3

PROTECCIÓN Y DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

“Habrá, pues, que evitar por todos los medios que el patrimonio cultural, tanto material como inmaterial, se pierda para siempre y, con él, gran parte de la memoria de las gentes que lo hicieron posible. Precisamente porque pensamos que los bienes patrimoniales constituyen la memoria sobre la que se ha de reconstruir la propia historia”. (Hernández, 2002:5)

3.1. Instancias Internacionales, Nacionales y Locales

Es responsabilidad de las naciones y los estados que tienen sitios de carácter cultural impulsar su conservación, investigación, preservación y difusión. Pues desde la creación de este patrimonio cultural, y a lo largo de su historia, ha transmitido identidad y sentido a los pueblos, ello le otorga diversidad cultural a cada región, además de relevancia e importancia en el ámbito regional y en ocasiones mundial.

La preocupación de la sociedad de conservar aquello que le da identidad y que le permite conocer sus orígenes, supone la conciencia primordial de que es necesario proteger el patrimonio cultural; tanto esta actitud social de protección como también las acciones que van en contra del bien patrimonial, han desencadenado que una serie de organizaciones o instancias manifiesten la inquietud internacional, nacional y local de conservación de los recursos culturales.

Y considerando que parte del patrimonio arqueológico se encuentra expuesto a las condiciones climatológicas adversas y a las acciones del hombre, es que la tarea de conservación se vuelve complicada. Es gracias al desarrollo de políticas públicas, a la creación de organizaciones locales, nacionales e internacionales, al trabajo del personal especializado y al intercambio de información que los trabajos para proteger y conservar el bien patrimonial ha ido evolucionando.

A continuación se presentan algunas organizaciones internacionales, nacionales y locales que promueven la protección, investigación y difusión del patrimonio arqueológico.

Internacionales

ICOMOS

El Consejo Internacional de Monumentos y Sitios Histórico-Artísticos (ICOMOS, por sus siglas en inglés), creado en el año 1965 en Varsovia, es considerado como una organización no gubernamental, la cual reúne a instituciones y personas que procuran la preservación, conservación y revalorización de monumentos, sitios y conjuntos históricos. Contando con aproximadamente cinco mil miembros en 86 países.

Se destacan algunos objetivos importantes de esta organización (HERNÁNDEZ, 2002):

- Consolidar toda la información referente a los principios, técnicas y políticas de conservación, así como las normas y los principios internacionales relacionados al patrimonio cultural
- Incrementar la colaboración nacional e internacional con el fin de crear centros especializados de documentación sobre conservación
- Poner al servicio de la comunidad internacional su red de profesionales y especialistas

El ICOMOS ha consolidado su prestigio gracias a la asesoría que brinda al Comité de Patrimonio Mundial y a la UNESCO en las propuestas de inscripciones en la lista de patrimonio mundial (MONTERROSO, 2001).

OEA

El organismo regional más antiguo del mundo, es la Organización de los Estados Americanos, el origen de esta organización data de la Primera Conferencia Internacional Americana, llevada a cabo en Washington, D. C. en 1889. Consta de 35 países independientes de las Américas, miembros de la organización y que han ratificado la carta de la OEA, de los que destacan en el ámbito del patrimonio cultural tangible maya: México, Honduras, Belice, Guatemala y El Salvador.

En el rubro Temas Prioritarios para esta organización, destaca la importancia de la Preservación y Protección del Patrimonio Cultural, en la que se manifiesta que la OEA considera prioridad apoyar a sus Estados Miembros en los esfuerzos que estos desarrollen para preservar, proteger, administrar y promover su legado cultural (OEA, 2011).

UNESCO

La historia de la creación de la UNESCO, inicia en plena Segunda Guerra Mundial, durante la Conferencia de Ministros Aliados de Educación (CAME) en Inglaterra en el año de 1942 con la idea de crear una organización encargada de restablecer los sistemas educativos. Sobre aquella propuesta en 1942 se celebra en noviembre de 1945, justo al finalizar de la guerra, la Conferencia de las Naciones Unidas con el fin de establecer una organización educativa y cultural, es al final de la conferencia cuando surge la Constitución que señala el nacimiento de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Entre las actividades en materia de patrimonio cultural emprendidas por la organización buscan su salvaguarda mediante la persuasión de la creación, la creatividad y la preservación de las entidades culturales y las tradiciones orales.

La UNESCO tiene la labor de preservar y proteger el patrimonio cultural, además de ser la responsable de su protección jurídica internacional, pues este patrimonio representa la herencia de nuestros predecesores y nos corresponde conservarlo para las futuras generaciones.

Para la acción en beneficio de los sitios patrimonio de la humanidad, sean naturales o culturales, la UNESCO ofrece un marco general, a través de la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural de 1972. En éste se manifiesta que el patrimonio cultural está siendo afectado por las causas naturales de deterioro y seriamente amenazado de destrucción por la evolución de la vida social y económica (CINU, 2011).

CIC

Comisión Interamericana de Cultura (CIC), órgano técnico-político de discusión en el área de cultura, integrado por representantes de los Ministros y altas autoridades de Cultura de América Latina y el Caribe. Su creación fue aprobada en Cartagena de Indias en 2002.

De sus funciones destacan:

- Facilitar el intercambio de información y prácticas que coadyuven al rescate, preservación y promoción de la diversidad cultural
- Asistencia técnica y financiera a los Estados Miembros, en particular a las economías más pequeñas y vulnerables en materia de preservación y difusión de la diversidad cultural

En su apartado sobre Conservación del Patrimonio Cultural establece la importancia de fortalecer la cooperación para preservar y proteger los bienes culturales sean estos muebles o inmuebles, con el fin de erradicar el saqueo, el tráfico, la destrucción y la posesión ilícita de bienes culturales, que provoca pérdidas irreparables del patrimonio, identidad y desarrollo económico (CIC, 2011).

Nacionales

INAH

El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), fundado en 1939, investiga, conserva y difunde el patrimonio arqueológico, antropológico, histórico y paleontológico de la nación para el fortalecimiento de la identidad y memoria de la sociedad que lo detenta. La creación de este organismo del gobierno federal ha sido primordial para la conservación del patrimonio cultural. Este organismo es responsable de más de 110 mil monumentos históricos construidos entre los siglos XVI y XIX, y 29 mil zonas arqueológicas registradas en todo el país, se calcula que debe haber 200 mil sitios con vestigios arqueológicos; de éstos últimos, 180 zonas arqueológicas están abiertos al público (INAH, 2011).

SECTUR

La Secretaría de Turismo (SECTUR), dependencia del gobierno federal encargada entre otras cosas de formular y conducir la política de desarrollo de la actividad turística nacional, de regular, orientar y estimular las medidas de protección al turismo así como la vigilancia del cumplimiento. Formula y difunde los temas en materia de turismo (SECTUR, 2011).

INBA

Instituto Nacional de Bellas Artes, creado a través del decreto presidencial del 31 de diciembre de 1946, la propuesta para conformar un organismo a nivel nacional que se encargara de las diferentes vertientes de las bellas artes fue presentada en 1932. El INBA es responsable de estimular la producción artística, promover la difusión de las artes y organizar la educación artística en el territorio nacional (INBA, 2011).

El INBA cuenta con un área encargada de la conservación, promoción y difusión del patrimonio mueble o inmueble del estado mexicano, esta es la Dirección de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico Inmueble (DACPAI).

CONACULTA

Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, fundada en 1988 con la finalidad de dar promoción, apoyo y patrocinio a eventos de carácter y que difundan el arte y la cultura en la nación. Este órgano está autorizado para coordinar todas las unidades administrativas e instituciones públicas cuya labor sea promover y difundir la cultura y las artes (CONACULTA, 2011).

Éste organismo tiene a su cargo la instancia: Coordinación Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo, que tiene como finalidad la elaboración y ejecución de políticas públicas interinstitucionales destinadas a promover el ejercicio del turismo cultural con un enfoque sustentable que beneficie la protección, difusión y valoración del extenso patrimonio cultural material e inmaterial de México, además impulsa el desarrollo social y económico de las comunidades que estén involucradas directa o indirectamente en los destinos turísticos (COORDINACIÓN NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL Y TURISMO, 2011).

Local

SEFOTUR

La Secretaría de Fomento Turístico (SEFOTUR) del Estado de Yucatán, es la encargada de promover ante las autoridades correspondientes la conservación, reconstrucción o restauración de edificios, preservación de monumentos en sitios de valor histórico, arquitectónico o turístico. Así como, determinar los mecanismos necesarios para la creación, conservación, mejoramiento, protección, promoción y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos del Estado, aplicando criterios de sustentabilidad ambiental, social y económica.

3. 2. Normatividad y Declaraciones sobre Patrimonio Cultural Nacional

Desde el siglo XIX se ha plasmado en las leyes y otros instrumentos jurídicos mexicanos parte de la responsabilidad de proteger el patrimonio cultural como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla No. 3.1. Leyes sobre patrimonio cultural
Fuente: (CONACULTA, 2011.)

AÑO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1896	Ley para hacer exploraciones arqueológicas.	Esta ley surge por la problemática de saqueo y tráfico de bienes arqueológicos (GARCÍA, 1940).
1897	Ley sobre monumentos arqueológicos.	Estableciendo por primera vez la protección legal del patrimonio cultural.
1914	Ley sobre conservación de monumentos históricos y artísticos y bellezas naturales.	Aplicando medidas de protección respectivas a las áreas tratadas.
1972	Reglamento de la ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, arquitectónicos e históricos.	Se establecen las condiciones: para la protección de los monumentos y zonas, para la intervención (construcción/restauración), exploración o actividad relacionada.

La ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, arquitectónicos e históricos, legislación vigente, establece que es de interés público y por ende responsabilidad del estado que le contiene la investigación, protección, restauración, conservación y recuperación de aquellos monumentos arqueológicos, artísticos e históricos.

De igual forma se han publicado documentos internacionales con el fin de proteger, conservar y restaurar el patrimonio cultural, en la tabla No. 2.2 se enlistan los más importantes:

Tabla No. 3.2 Cartas internacionales sobre patrimonio cultural

Fuente: (HERNÁNDEZ, 2002).

AÑO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1931	Carta de Atenas	<p>Documento internacional que presenta los principios generales sobre restauración y conservación de los monumentos. Sus principios están expuestos en 10 capítulos de los que se destacan los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La necesidad de cooperación internacional para la protección de los monumentos. • Importancia de la conservación, monumentos y restauración de los monumentos. • Proclamación de los principios y técnicas que han de regir toda restauración. • Recomendación de respetar el ambiente o entorno de los monumentos.
1964	Carta de Venecia o Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos	Documento más importante para normar internacionalmente el patrimonio cultural. Surge después de la segunda guerra mundial con la necesidad de restaurar aquellos monumentos que quedaron destruidos y teniendo como base los principios de la Carta de Atenas. En ella se afirma que las obras monumentales de los pueblos han de considerarse como patrimonio común y la humanidad ha de sentirse responsable de su conservación con el fin de ser transmitida en su completa autenticidad.
1972	Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural	Se considera al patrimonio natural y cultural como dos realidades complementarias, las cuales están siendo afectadas de forma natural por el deterioro y fuertemente amenazadas por las actividades sociales y económicas.
1975	Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico y Declaración de Ámsterdam	Ambos documentos son considerados de gran relevancia en materia de conservación y restauración de los bienes culturales ambientales a nivel europeo. El primero de ellos reconoce que el patrimonio arquitectónico europeo, al ser manifestación de la riqueza y diversidad de su cultura, ha de ser considerada como herencia común de todos los pueblos.

3. 3. *Proyectos Nacionales y Regionales para la Salvaguarda y Difusión*

El Acuerdo Nacional para el Turismo

Firmado en Palacio Nacional en la Ciudad de México, el 28 de febrero de 2011. Con la firma de este acuerdo México se convirtió en el primer país en apoyar una agenda global por el turismo y es por eso que le fue otorgado el reconocimiento de la Organización Mundial de Turismo y el Consejo Mundial de Viajes Turísticos.

Integrado por 101 acciones, congregadas en 10 ejes estratégicos:

1. Incrementar la conectividad y facilitar el tránsito de turistas
2. Construir, mantener y mejorar la infraestructura turística, y fomentar el ordenamiento urbano
3. Fortalecer la promoción turística en México y en el extranjero
4. Fomentar la inversión pública y privada y facilitar el financiamiento al sector turístico
5. Elevar la competitividad de los destinos y las empresas turísticas para garantizar la experiencia del turista
6. Diversificar y enriquecer la oferta turística con destinos, productos y servicios de mayor calidad
7. Fomentar la integración de cadenas productivas nacionales
8. Promover una cultura turística que desarrolle una conciencia nacional sobre la importancia del turismo y de la conservación del patrimonio cultural y natural del país
9. Impulsar cambios al marco jurídico de la actividad turística a favor del desarrollo del sector
10. Promover un desarrollo sustentable del sector

Protección del Patrimonio INAH

El INAH cuenta desde hace 10 años con un programa llamado: Prevención de desastres en materia de patrimonio cultural (Previnah). Durante este tiempo, al inicio de la temporada de huracanes en México se ponen en marcha diferentes acciones con el propósito de proteger los sitios arqueológicos, monumentos y museos de las zonas costeras bajo la custodia de este instituto (INAH, 2012).

Es durante la temporada de huracanes (entre abril y julio) que se implementan diferentes acciones para resguardar el patrimonio como el mantenimiento de desagües y drenajes, la colocación de lonas y redes de pesca sobre las excavaciones en curso. De igual forma podan árboles y el pasto, además de retirar troncos que por la fuerza del viento puedan desprenderse e impactar severamente contra alguna estructura (museo o inmueble arqueológico), se construyen muros de protección para evitar deslaves y erosión.

La intención es aminorar posibles alteraciones negativas por los fenómenos naturales, como: lluvias, tormentas y huracanes. También se advierte que algunas zonas arqueológicas son más susceptibles a los efectos de los huracanes, tal es el caso de: Uxmal, Dzibilchaltún, Chichén Itzá y Sayil en Yucatán; Tulum, Xel-Há, Xcaret en Quintana Roo; así como Chicanná, Hochob, Dzibilnocac en Campeche.

Destacan las afectaciones que los eventos naturales pueden provocar como el desprendimiento de basamentos arquitectónicos, escurrimientos en murales prehispánicos, filtraciones de agua en techos y muros (desencadenando problemas de humedad), deslaves de tierras en zonas cercanas al mar, ríos, lagos y lagunas, así como saturación de agua en losas.

Entre las medidas preventivas ante los eventos naturales se realizan trabajos de mantenimiento y afianzamiento de los inmuebles mediante resanes, aplanados y procesos de restauración con la finalidad de dar estabilidad a las estructuras y de este modo se pretende disminuir considerablemente la vulnerabilidad.

Programa Mundo Maya

Proyecto nacional para la promoción del patrimonio cultural, presentado en la Ciudad de México el 21 de junio de 2011 en el Patio del Paraguas del Museo Nacional de Antropología. Con este proyecto se pretende posicionar al país como un destino turístico privilegiado alrededor del mundo. Los estados que participan en el programa son, Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, los esfuerzos por dar a conocer el patrimonio cultural maya forman parte de una alianza multinacional entre Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, países que cuentan con herencia de la civilización maya (SECTUR, 2011).

Maravíllate con Yucatán

Programa local desarrollado en el Estado de Yucatán, consiste en difundir mediante visitas entre la población infantil en condiciones de marginación los atractivos naturales y turísticos así como la gran cultura con que se cuenta.

Es importante hacer notar que el rescate y la conservación del gran legado arqueológico en nuestro país y el mundo ha despertado gran interés, por lo que se han puesto en marcha posgrados enfocados en la restauración y protección del patrimonio, tal es el caso de la Universidad Central Caracas Venezuela que cuenta con la Maestría en Conservación y Restauración de Monumentos. La Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) en República Dominicana con la Maestría en Conservación de Monumentos y Bienes Culturales.

UNESCO-ICCROM (*International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property*) con sede en Roma, Italia; dedicadas fielmente a la investigación para la preservación y conservación del patrimonio cultural para el mundo. La Escuela Nacional del INAH cuenta con la Maestría en Restauración, entre otros.

CAPÍTULO 4

EL PATRIMONIO CULTURAL

4.1. Categorías del Patrimonio

Las variables que condicionan la ejecución de políticas encaminadas a preservar, estudiar y difundir el patrimonio cultural, según Florescano, tiene que ver “con la manera como cada época rescata el pasado y selecciona dentro de éste ciertos bienes y testimonios que identifica con su noción de patrimonio cultural o de identidad del presente con el pasado”. (COTTOM, 2004: 85)

En la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO, realizada en París de 1972 se obtienen las siguientes categorías para el concepto de patrimonio.

- Los monumentos: aquellos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, el arte o la ciencia, sean estas obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos.
- Los conjuntos: que desde el punto de vista de la historia, el arte o la ciencia, sean grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración del paisaje les confiera un valor excepcional.
- Los lugares: obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico.

4.2. Tipos de Patrimonio

Dicha convención de 1972 identifica como patrimonio de la humanidad tanto al natural como al cultural y los considera como dos esferas que se complementan e interrelacionan y que por ende no deben perderse de vista cuando se trata de las amenazas que afectan su integridad.

Patrimonio Natural

Se define cómo: el conjunto de bienes y riquezas naturales, o ambientales, que la sociedad ha heredado de sus ascendientes. Además se puede decir que dicho patrimonio constituye el ámbito espacial sobre el que se desarrolla la actividad humana, y que ésta, a su vez, afecta al ambiente y a los recursos que constituyen el Patrimonio Natural de una sociedad, según señala Serrano en *El patrimonio Natural y Cultural de una ordenación del territorio para una mayor sostenibilidad del desarrollo* (2011: 231).

La definición de Patrimonio Natural según asienta la UNESCO en la convención de 1972

Son todos aquellos monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas o por grupos de esas formaciones, las formaciones geológicas y fisiográficas y las zonas estrictamente delimitadas que constituyen el hábitat de especies, animal y vegetal, amenazadas, y los lugares naturales o las zonas naturales estrictamente delimitadas, y que todas ellas tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

México cuenta con tres sitios en esta categoría declarados patrimonio mundial por la UNESCO:

- la reserva natural de *Sian Ka'an*, en Quintana Roo, declarada patrimonio natural de la humanidad en 1987, zona que contiene 27 sitios arqueológicos y 120 kilómetros de arrecifes coralinos.

- En la misma lista se tiene el Santuario de las Ballenas en las lagunas de El Vizcaíno, en Baja California Sur, declarada como patrimonio mundial en 1993.
- Las islas y áreas protegidas del Golfo de Baja California, declarada por la UNESCO en 2005 (CONACULTA, 2011: 7).

Patrimonio Cultural y Conciencia

El patrimonio cultural está determinado por el medio en el que se desenvuelve la sociedad y su relación con éste, y está integrado por elementos que determinan identidad entre los individuos de una sociedad y el sentido de pertenencia a esta misma. Mediante ellos el individuo puede reconocerse a sí mismo, diferenciarse de otros y valorar tanto la individualidad como la diversidad. Esa diversidad abarca tanto manifestaciones culturales tangibles como intangibles; se conforma por un rango amplio de valores simbólicos, relaciones sociales, creencias, recursos culturales, valores espirituales así como de manifestaciones y expresiones materiales (REYES, 2009: 1172).

En un principio era considerado únicamente como patrimonio cultural a los monumentos, al conjunto de construcciones y sitios con un valor estético, histórico, científico, arqueológico y antropológico, pero ahora esta consideración se ha ampliado a diferentes clases que no necesariamente tienen carácter artístico pero que sin dejar lugar a dudas son importantes para las sociedades, abarcando las formaciones extraordinarias físicas, biológicas y geológicas, las zonas con valor original desde el punto de vista de la ciencia, de la conservación o de la belleza natural y los hábitats amenazados de especies animales y vegetales.

El patrimonio cultural abarca todos aquellos bienes que son expresiones y testimonios de la creación humana propia de un país. Lo constituyen edificios, museos, obras de arte, sitios y restos arqueológicos, colecciones zoológicas, botánicas o geológicas, libros, manuscritos, documentos, partituras y discos, fotografías y producciones cinematográficas y objetos culturales en general, que dan cuenta de la manera de ser y hacer de una sociedad (CINU, 2010).

Este patrimonio basa su importancia por ser el camino que vincula a la gente con su historia. Representa el valor alegórico del conjunto de tradiciones, valores, creencias, símbolos y modos de comportamiento para entender a los pueblos que forman parte de este mundo, con el fin de mantener el diálogo entre las diversas civilizaciones y culturas, además de establecer y conservarla paz entre las naciones (CINU, 2010).

Patrimonio Cultural es todo aquello que le otorga determinada identidad a un país o a una comunidad. El interés de preservarlos radica en la importancia y en el significado especial que les confiere su valor histórico, educativo, estético y/o científico.

Por el carácter de su manifestación, se consideran dos tipos de patrimonio cultural el tangible y el intangible de los cuales se tiene que:

El patrimonio inmaterial o intangible surge de la necesidad de albergar o de conceptualizar un espacio complementario, resultado de la aproximación al individuo y los sistemas de conocimiento, tanto filosófico como espiritual. Comprende el conjunto de formas y expresiones de la cultura tradicional y popular o folclórica, que surgen y se basan en las costumbres de determinada cultura.

Estas tradiciones o costumbres se van transmitiendo de forma oral o mediante gestos y se va modificando con el transcurso del tiempo a través de un proceso de recreación colectiva. Para muchas poblaciones, de forma especial para aquellos grupos minoritarios y para las poblaciones indígenas, el patrimonio intangible simboliza la fuente vital de una identidad profundamente arraigada en la historia y constituye los fundamentos de la vida comunitaria. No obstante la protección de este patrimonio es muy complicada de realizar, debido a su índole pasajera, ya que se transmite de generación en generación y depende intrínsecamente de los portadores para su conservación o existencia.

Otra concepción moderna del patrimonio cultural intangible es aquella que valora no sólo nuestra memoria pasada, sino también testimonios presentes, los cuales se documentan y almacenan cada vez más en formato digital (CINU, 2010).

Esta recopilación de información incluye páginas de internet, diarios electrónicos, archivos musicales, entre una gran variedad de registros que son parte del patrimonio intangible, pero que, debido a lo frágil que es el sistema de almacenamiento digital y el continuo desuso de la información son situados en el punto de riesgo por su inminente peligro de perderse.

La protección de este tipo de patrimonio necesita del acuerdo internacional para su almacenaje, preservación y difusión (CINU, 2010).

Por otra parte, el patrimonio tangible abarca los elementos materiales que fueron creados por las civilizaciones o pueblos, como los: objetos útiles, ruinas, casas, palacios, monumentos, templos, considerando únicamente elementos materiales que forman parte del legado. Que adquieren importancia y significado con el paso del tiempo y conforme se desenvuelve la historia de los países. Este tipo de patrimonio se manifiesta también mediante manuscritos históricos, códices, obras de arte (CONACULTA, 2011:5).

El patrimonio mueble y el patrimonio inmueble son dos grandes rubros en los que puede ser dividido el patrimonio cultural tangible, el primero de ellos comprende aquellos objetos que pueden ser reubicados sin perder su particularidad, como los objetos arqueológicos, históricos, decorativos, artísticos, etnográficos, tecnológicos, religiosos y artesanales, que constituyen colecciones importantes para la ciencia y la historia del arte, y además como testimonio de la diversidad cultural del país. El segundo de ellos está formado por obras y producciones humanas que no pueden ser trasladadas de un lugar a otro, ya sean porque son estructuras, o porque mantienen inseparable relación con el terreno que le contiene. Está constituido por todas las creaciones físicas originales constituidas por los lugares, sitios, edificaciones, obras de ingeniería, centros industriales, conjuntos arquitectónicos, zonas típicas y monumentos de interés o valor relevante desde el punto de vista arquitectónico, arqueológico, histórico, artístico o científico, sean o no reconocidos o registrados como tales (PÉREZ, 2004: 9).

La UNESCO, como organización mundial abocada a la cultura, distingue como patrimonio cultural, los siguientes tipos (CINU, 2011):

- Sitios patrimonio cultural
- Ciudades históricas
- Sitios sagrados naturales (sitios naturales con valor religioso para algunas culturas)
- Paisajes culturales
- Patrimonio cultural subacuático (sitios sumergidos de interés cultural para el hombre)
- Museos
- Patrimonio cultural móvil (pinturas, esculturas, grabados, entre otros)
- Artesanías
- Patrimonio documental y digital
- Patrimonio cinematográfico
- Tradiciones orales
- Idiomas
- Eventos festivos
- Ritos y creencias
- Música y canciones
- Artes escénicas (danzas, representaciones)
- Medicina tradicional
- Literatura
- Tradiciones culinarias
- Deportes y juegos tradicionales

4.3. Zona Arqueológica

El patrimonio cultural (zonas arqueológicas) está fuertemente relacionado con el entorno (clima específico), en el que se encuentra (paisaje), el cual se ha desarrollado en armonía con especies vegetales que únicamente pueden crecer en aquel lugar. Así la estabilidad necesaria para su conservación está íntimamente relacionada con el medio ambiente de la localidad (UNESCO, 2009: 65).

Aquel lugar donde existen bienes muebles o inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan sido o no extraídos y tanto si se encuentran en la superficie, en el subsuelo o bajo las aguas (HERNÁNDEZ, 2002: 323), es al que se denomina zona arqueológica.

En México la Ley Federal sobre Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos de 1972, en el artículo 28 del Capítulo III considera que son monumentos arqueológicos los bienes muebles e inmuebles, producto de culturas anteriores al establecimiento de la Hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con estas culturas.

Warwick Bray señala en *Dictionary of Archaeology*, que se entiende por Arqueología al estudio del pasado del hombre, partiendo de los restos materiales que ha dejado (PÉREZ, 1999: 35).

Otra definición, según la Real Academia Española, especifica que la arqueología se lleva a cabo a través de los restos de civilizaciones y es la Ciencia que estudia todo lo que se refiere a las artes, a los monumentos y a los objetos de la antigüedad, especialmente a través de sus restos (ÁGUILA, 2005: 183).

Tomando los conceptos anteriores como base, se puede decir que una zona arqueológica es aquel lugar donde existen bienes muebles o inmuebles que pertenecieron a civilizaciones antiguas y que son representativas o aportan un valor cultural, pues con el estudio del pasado se puede explicar el origen y evolución de esas civilizaciones, es decir su historia. Además de ser estudiado con el fin de obtener información para complementar o modificar dicha historia.

Así, la zona arqueológica son los inmuebles o localidades que nos presentan los vestigios de civilizaciones pasadas, conformada por varios objetos (muebles o inmuebles), cuya historia está relacionada con sucesos o personajes de importancia local, regional o nacional, que requieren de vigilancia y protección especial con el fin de que no sean degradadas y afectadas por acciones inconscientes y negligentes, producto del desconocimiento de la historia que le dio origen. Además de que es importante recordar que el valor de este patrimonio está íntimamente relacionado con su autenticidad, unidad y representatividad.



Figura No. 4.1 El Castillo o Templo de Kukulcán en Chichén Itzá.
Fotografía Héctor Ávila.

Las zonas arqueológicas de la Península de Yucatán son un patrimonio de carácter singular y único, es y debe ser de gran interés para los mexicanos pues este patrimonio da cuenta de lo que una de las civilizaciones (maya) más importante y trascendente de México fue capaz de construir. Es además un importante recurso turístico y económico, generador de empleos que puede ser aprovechado de forma lucrativa, así los recursos que de su correcto aprovechamiento resulten podrán ser utilizados entre otras cosas, para proteger y preservar ese bien inmueble tanto de la acción degradadora propia del paso del tiempo como de los impactos del cambio climático, con el fin de que las futuras generaciones puedan disfrutar de él.

Desde 2001 hasta 2006 México ha enviado una lista con un total de 31 propiedades para ser evaluadas por la UNESCO en la denominada lista tentativa de las propiedades enviadas. En ella figuran únicamente las siguientes zonas arqueológicas:

- Ciudad prehispánica de Cantona en Puebla (2001).
- Gran ciudad de Chicomostóc – La Quemada en Zacatecas (2001).
- Tecoaque en Tlaxcala (2004).

Cabe mencionar que los bienes que sean inscritos a la lista son beneficiados únicamente de la convención del patrimonio de la humanidad como un instrumento significativo para la cooperación internacional (UNESCO, 2007), empero la gestión, protección, conservación, difusión y transmisión a las futuras generaciones es responsabilidad primigenia del Estado Parte donde la propiedad se encuentra.

Los bienes que se pretenden incluir en la lista de patrimonio mundial, deben poseer valor excepcional, además de cumplir con al menos uno de los diez criterios de selección.

A continuación se presentan los criterios de evaluación para patrimonio de la humanidad de carácter natural y cultural (UNESCO, 2011a):

- Representar una obra maestra del genio creativo humano
- Atestiguar un intercambio de influencias considerable, durante un período de tiempo o dentro de un área cultural del mundo, sobre la evolución de la arquitectura o la tecnología, las artes monumentales, urbanismo o diseño paisajístico
- Aportar un testimonio único o al menos excepcional de una tradición cultural o una civilización viva o desaparecida
- Ser ejemplo sobresaliente de un tipo de edificio, conjunto arquitectónico o tecnológico o de paisaje que ilustre una o varias etapa(s) importante(s) en la historia humana
- Ser un ejemplo excepcional de asentamiento humano tradicional, uso de suelo o mar, que sea representativo de una o varias culturas o de la interacción humana con el medio ambiente sobre todo cuando se ha vuelto vulnerable por efectos de cambios irreversibles
- Estar directamente asociado con eventos o tradiciones vivas, con ideas o con creencias, con obras artísticas y literarias de significado universal excepcional
- Albergar fenómenos naturales superlativos (por ejemplo: la migración y concentración de hibernación de la mariposa monarca) o áreas de excepcional belleza natural e importancia estética
- Ser ejemplo eminentemente representativo de las grandes etapas de la historia de la tierra, incluyendo el registro de la vida, importantes en procesos geológicos en el desarrollo de las formas terrestres, o geomorfológicos o las características fisiográficas significativas
- Ser ejemplos eminentemente representativos en curso de procesos ecológicos y biológicos en la evolución y desarrollo del agua de la tierra, dulce, los ecosistemas costeros y marinos y las comunidades de plantas y animales

- Contener los hábitats naturales más importantes y significativos para la conservación *in situ* de la diversidad biológica, incluyendo aquellos que contienen especies amenazadas de valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico

Además de los criterios anteriores, el comité evaluador considera importante la protección, la gestión, la autenticidad y la integridad de los bienes. Y sólo los países que han firmado la convención del patrimonio mundial, y que se comprometan a proteger su patrimonio natural y cultural, pueden presentar las propuestas de candidatura para aquellas propiedades situadas en su territorio, para ser incluidas en la lista del patrimonio mundial.

4.4. El Patrimonio Cultural en Yucatán

“El ciclo de vida maya terminó cuando los señores descendieron a las aguas oscuras de xibalba, la lluvia dejó de caer y el mundo maya conoció las sequías. Entonces temblaron los cimientos de su civilización.” (FAGAN, 2009: 198)

En una amplia región de América, la cultura Maya creó una de las más originales, admirables y complejas civilizaciones antiguas, asentándose en la parte sureste del territorio de la República Mexicana comprendiendo los estados de Yucatán, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Chiapas (Zona oriental), además de los países de Guatemala, Honduras, El Salvador y Belice en América Central. Esta civilización estaba compuesta por diferentes lenguajes y costumbres.

Los rasgos que caracterizaron a esta civilización y que tenían en común, es la creencia en ciertos dioses, la práctica del sacrificio humano y el autosacrificio (DREW, 2002: 20) y en su arquitectura colosal en los centros ceremoniales, en ellos se destaca el uso de bóvedas (se cree que fueron usadas en un principio para techar las tumbas) a base de piedras que sobresalen en sus fachadas y de elementos arquitectónicos destinados a adornar la cúspide (crestería) de los edificios, además de conferirles una altura portentosa (GALLEGOS, 2003).



Figura No. 4.2 Mascarones Mayas. Figura No. 4.3 Bóveda Xlapac.
Fotografías Héctor Ávila.

Los imponentes palacios, templos y pirámides hechos de piedra caliza, materiales cementantes, soportes y las bóvedas (GALLEGOS, 2003), son la máxima expresión y el legado que los mayas heredaron para todas las generaciones (presentes y futuras). Estos inmuebles estuvieron ocultos bajo la selva y así se mantuvieron, ignorados por la sociedad yucateca y por el mundo durante casi un milenio, que podría situarse entre el 800 d. C. en el período Clásico Terminal (colapso de la mayoría de las ciudades mayas) hasta 1873 cuando se cuenta con registros de las primeras exploraciones. Es gracias a la labor de exploradores y arqueólogos que se conoce su existencia, las tareas que conllevaron a su descubrimiento se dieron a lo largo de más de un siglo (DREW, 2002).



Figura No. 4.4 Resto arqueológico en la Ruta Puuc.
Fotografía Héctor Ávila.

Parte del patrimonio que estudia esta tesis son las zonas arqueológicas, consideradas patrimonio cultural de la humanidad. Estas zonas presentan una importante vulnerabilidad a los eventos del cambio climático, que podría ir en aumento de no iniciarse la labor de adaptación adecuada, para la cual se necesita analizar los impactos y las amenazas.

Este patrimonio surge como resultado del desarrollo de una sociedad con gran evolución en diferentes áreas del conocimiento como en las matemáticas (sistema posicional de numerales y el concepto de cero)-bajo observación visual lograron bosquejar el movimiento de planetas y estrellas-, además de crear calendarios tan precisos como el actual, en conjunción de esos conocimientos, resalta su desarrollo en materia de construcción(DREW, 2002), que dio un salto importante pues es gracias a esa evolución que cambiaron el techo elaborado con palma por la bóveda y el uso de cresterías como elementos destinados a coronar la cúspide de los edificios.

Las zonas y objetos arqueológicos son la muestra tangible de la existencia de aquella civilización, es uno de los medios con que se cuenta para estudiary entender su desarrollo en las áreas político, militar, astronómico, de construcción, social y cultural.



Figura No. 4.5 Pirámide del Adivino en Uxmal
Fotografía Héctor Ávila.

Como claro ejemplo de su destreza y conocimiento astronómico se puede mencionar el Castillo de Kukulcán, edificio ubicado en Chichen Itzá, donde se observa el efecto óptico llamado “la bajada de kukulcán”, durante el equinoccio de primavera cuando la luz proveniente del sol es proyectada en forma descendente en una de las aristas del edificio, generándose una sombra en la balaustrada de las escaleras (Figura No. 4.6), conjuntándose en la base de la escalinata con dos cabezas de piedra que simbolizan a la serpiente emplumada (Figura No. 4.7) logrando así el efecto de la serpiente descendiendo.



Figura No. 4.6 Proyección de kukulcán descendiendo.
Fuente: (Reh, 2006).



Figura No. 4.7 Cabeza de Kukulcán, fachada norte del edificio (detalle).
Fotografía Héctor Ávila.

A continuación se presenta una lista de los estados que conforman la Península de Yucatán con las zonas arqueológicas reconocidas y documentadas por el Instituto de Antropología e Historia (INAH).

Tabla No. 4.8 Zonas arqueológicas en la Península de Yucatán.
Fuente: INAH, 2011.

Zonas Arqueológicas		
Yucatán	Campeche	Quintana Roo
Chichén Itzá	Calakmul	Cobá
Dzibilchaltún	El Tigre	Dzibanché-Kinichná
Uxmal	Balamkú	El Rey
Acanceh	Chicanná	Muyil
Chacmultún	Hormiguero	Kohunlinch
Labná	Xpuhil	San Gervasio
Sayil	Becán	Tulum
Oxkintok	Hochob	Xelha
Loltún	Tabasqueño	Chacchoben
Aké	Edzná	Xcaret
Izamal	Kankí	El Meco
Kabah	Chunhuhub	Oxtankah
Balamcanché	Santa Rosa Xtampak	Chakanbakán
Ekbalam	Dzibilnocac	Playa del Carmen
Mayapán	Xcalumkin	Caracol-Punta Sur
Xlapac	Nadzcaan	Calica
	Tohcok	Ichkabal

Según datos del INAH publicados en la página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), señala que los tres estados de la república mexicana presentados en la Tabla No. 4.8 acumulan un gran número de visitantes, en total 2'889,613 personas que visitaron las zonas arqueológicas entre nacionales y extranjeros de enero a octubre del año 2011. El total de visitas para todas las zonas arqueológicas en la república mexicana es de 7 568,521 entre nacionales y extranjeros.

Lo que representa el 20.9 % con 1 578,545 visitantes para Yucatán, el 16.1 % para Quintana Roo con 1 217,788 visitantes y por último el Estado de Campeche con 1.23 % es decir 93,280 visitantes.

4.5. El Patrimonio Cultural como Motor del Desarrollo Económico

La cultura tiene carácter de sector económico, pues genera empleos directos e indirectos, además promueve el desarrollo regional y la inversión, la actividad turística ha registrado una tasa de crecimiento constante además de ser el propulsor más importante de crecimiento en la economía del país (HEDDING, 2000), pero su potencial está claramente condicionado a la vulnerabilidad hacia factores externos como el hombre y/o el cambio climático.

Según la UNESCO, México es el país que ocupa el primer lugar de América Latina con más sitios de índole cultural y natural, además de ser el sexto país con sitios declarados Patrimonio de la Humanidad a nivel mundial. En la Figura 4.9 se destacan los bienes considerados patrimonio de la humanidad y en la Figura 4.10 aquellos que pertenecen a zonas arqueológicas de la República Mexicana (ver figuras en la siguiente página).

Así mismo el INAH advirtió que en 2010, se registraron 18 millones de visitantes entre turistas mexicanos y extranjeros, los visitantes se dirigen principalmente a tres zonas prehispánicas de México: Chichén Itzá en Yucatán, Tulum en Quintana Roo y Teotihuacán en el Valle de México.

Datos publicados en el Banco de Información Económica (BIE) arrojan que durante el año 2009 el turismo en México generó poco más de 11 mil 383 millones de pesos.



Figura No. 4.9 Patrimonio Mundial
Fuente: INAH, 2011.

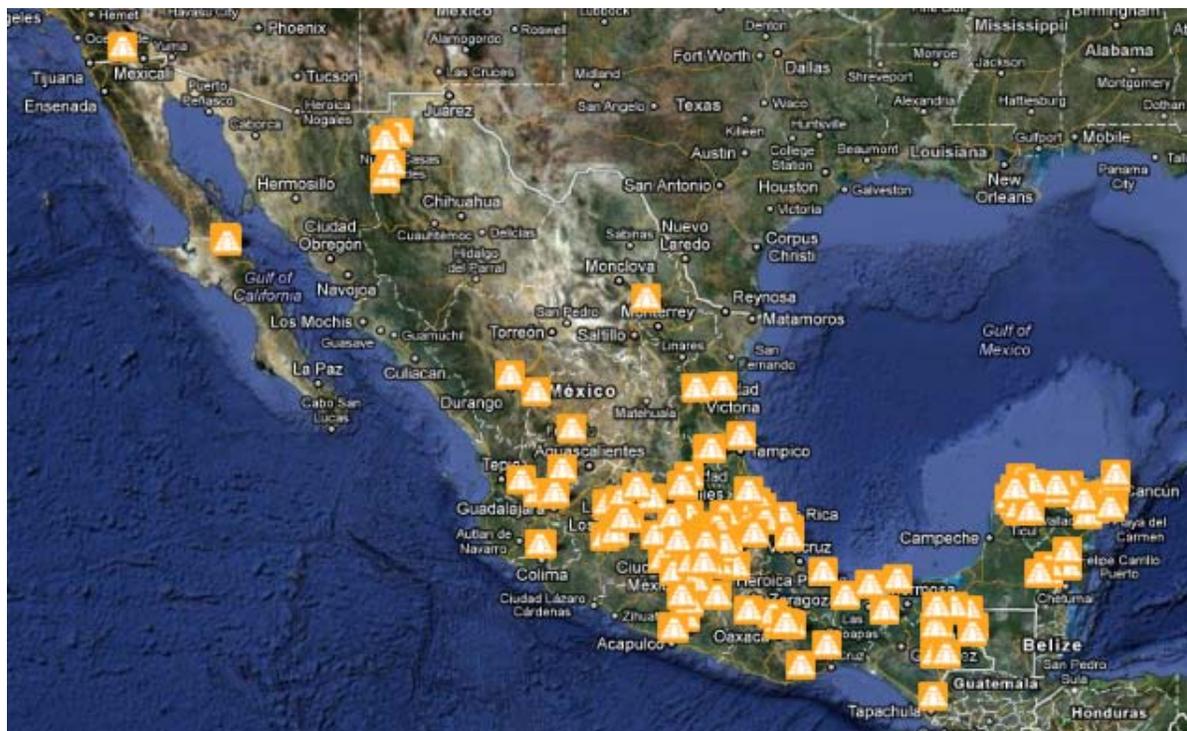


Figura No. 4.10 Zonas Arqueológicas
Fuente: INAH, 2011.

La generación de recursos por parte del sector cultural abarca actividades como el comercio de artesanías, la música, danza, la gastronomía y el patrimonio cultural tangible ligado fuertemente al turismo y, por lo tanto, parte importante para la generación de riqueza en un país a través de las industrias y servicios turísticos. Diversos estudios en América Latina han concluido que la Industria Cultural contribuye significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) de los países (PIEDRAS, 2008: 151). Es posible alcanzar un impacto exponencialmente benéfico para la economía mediante la difusión de la Cultura, con el progreso tecnológico, la promoción masiva a través de radio, prensa, televisión, internet, etc.

Las actividades derivadas del sector cultural no sólo generan empleo y riqueza, sino que además incrementan el bienestar de la población en general, ya que estimulan la expresión y participación de los ciudadanos en la vida cultural, favorece un sentido de identidad y seguridad social y expande la percepción o entendimiento de lo que rodea a las personas.



Figura No. 4.11 Cuadrángulo de las Monjas en Uxmal.
Fotografía Héctor Ávila.

CAPÍTULO 5

IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES DEL PATRIMONIO CULTURAL TANGIBLE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

5.1. Impactos del Cambio Climático que Afectan al Patrimonio Cultural

Las características físicas y químicas inciden puntualmente en el deterioro del patrimonio cultural: los restos arqueológicos se conservan cuando alcanzan un equilibrio hidrológico, químico y biológico con el suelo que lo contiene, las condiciones para la conservación de estos materiales pueden empeorar si estos parámetros se ven modificados (UNESCO, 2009: 52).

Debido a diferentes factores, el patrimonio cultural requiere de mayores cuidados y en ocasiones éstos representan un trabajo complejo de realizar, pues para lograr su conservación es importante considerar elementos tan variados como las temperaturas extremas, la topografía del lugar, incluyendo las características del suelo, las condiciones climáticas, la ubicación del edificio impactado por el sol y el viento, el paso del tiempo, la tala de árboles que llevaría a dicha zona a la desertificación, este resultado se presenta por la eliminación de la barrera vegetal, la falta de agua y la erosión del suelo, las actividades antropogénicas que pueden transformar y modificar la estructura original del edificio y, por último, el cambio climático que se podría considerar como el factor emergente. Este último es el resultado de las alteraciones al sistema climático, lo que se traduce en impactos meteorológicos extremos, haciendo de la tarea de conservación algo complicado.

Es importante estudiar e identificar aquellos impactos que afecten tanto directa como indirectamente al bien, con el fin de que las actividades de restauración y conservación puedan lograrse con éxito.

Según los pronósticos elaborados por el IPCC en 2007 en su cuarto reporte, los efectos propiciados en el clima por el calentamiento global tendrán como resultado eventos climatológicos extremos, cada vez más intensos, que ya están afectando y afectarán a las sociedades, a los sectores económicos y a todo aquello que se considere parte del patrimonio, sea de carácter natural o cultural.

Es en materia de las afectaciones al patrimonio cultural que pertenece a la humanidad, que la UNESCO ha publicado documentos importantes de los que resaltan:

- *Case Studies on Climate Change and World Heritage en 2007.*

En una sesión llevada a cabo en 2005, el comité del patrimonio mundial reconoció que los sitios del patrimonio mundial han sido afectados por los eventos del cambio climático y que muchos serán afectados en los próximos años.

El documento presenta cinco casos de estudio incluidos sitios del patrimonio mundial natural y cultural en los cuales se presentan los impactos del cambio climático así como aquellos que podrían ocurrir, además de citar posibles medidas de adaptación.

- *Policy Document on the Impacts of Climate Change on World Heritage Properties en 2008.*

Dirigido principalmente para los responsables de políticas públicas con el fin de proporcionarles la orientación para aquellas cuestiones que son claves en relación con el cambio climático y sus afectaciones al patrimonio mundial natural o cultural, como la importancia y la necesidad de hacer investigación y desarrollar sinergias, logrando una mejor gestión y protección del patrimonio ante la amenaza que representa el cambio del sistema climático.

- *Climate Change and World Heritage. Report on Predicting and Managing the Impacts of Climate Change on World Heritage and Strategy to Assist States Parties to Implement Appropriate Management Responses en 2007.*

El documento pretende dar a conocer toda información disponible y relacionada con el cambio climático y la amenaza que este representa para el patrimonio mundial, sea natural o cultural, así como las posibles medidas para tratarla, mediante el estudio de los impactos que le afectan, presentando ejemplos de investigaciones en diferentes sitios y para cada una de los tipos, con el fin de dar a conocer estrategias que sirvan de ayuda para la implementación de medidas de gestión apropiada para dicho patrimonio.

De este último documento publicado por la UNESCO se desprende la siguiente tabla en la cual se advierten los principales impactos que están afectando al Patrimonio Mundial y de los cuales se presenta únicamente aquellos que alteran la posible estabilidad del patrimonio cultural.

Tabla: 5.1 Impactos del clima al patrimonio cultural.
Fuente: UNESCO, 2007 y REYES, 2009.

Cambio	Riesgos	Impactos sobre el Patrimonio Cultural
Humedad Atmosférica	<p>Los principales riesgos que se presentan son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones • Lluvias intensas • Cambio en la química del suelo • Variaciones en la humedad • La sal de mar 	<p>Las afectaciones que podrían presentarse son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alteraciones en el pH de los restos arqueológicos que aún se encuentran enterrados. • Inestabilidad del suelo que le contiene (hundimientos). • La cristalización y disolución de sales producto del humedecimiento y el secado, afectando las estructuras en pie y las superficies decoradas. • Ciclos de humedad relativa causan agrietamientos y desprendimiento de materiales y superficies. • Produce corrosión de materiales.
Temperatura	Eventos extremos (olas de calor)	<p>Ocasionaría al patrimonio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detrimiento de fachadas producto del estrés térmico. • Afectación en la bioquímica de los materiales. • Sobre calentamiento en el interior y exterior de los inmuebles.
Elevación del Nivel del Mar	<p>La elevación del mar trae aparejado problemas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones en las costas • Invasión de mar 	<p>Afectando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equilibrio necesario para que los restos arqueológicos puedan conservarse. • Hundimientos en los inmuebles. • Acelera el deterioro de los materiales producto de la salinidad.
Viento	<p>Problemas al:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la velocidad del viento 	<p>Provoca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erosiona la superficie de los materiales. • Daño o desprendimiento de partes del edificio.
Desertificación	<p>Produce:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sequías • Olas de calor 	<p>Ocasiona:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erosión • Afecta el paisaje de las zonas arqueológicas.
Relación Clima/Contaminación	<p>Efectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipita el pH 	<p>Provoca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ennegrecimiento y corrosión de los materiales.
Relación Climático/Biológico	<p>Efectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propagación de especies invasoras. • Aumento en el crecimiento de moho (hongo). • Desarrollo o alteración de las colonias líquenes en los edificios del patrimonio. • Disminuye la flora nativa. 	<p>Ocasionaría:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio del paisaje. • Afectación en la salud de los visitantes. • Reducción de especies nativas para la protección del patrimonio.

Hablando de los resultados producto de las alteraciones al sistema climático, los daños que generaría al patrimonio en cuestión pueden ser ocasionados por diversas cuestiones externas.

Cuando el suelo que contiene al bien sea afectado en su hidrología, en los procesos químicos y biológicos también lo estará el resto arqueológico, desde los materiales que la componen hasta su estructura (Figura No. 5.2 y 5.3).

El carbón emitido a la atmósfera, así como los productos que resultan de la quema de combustibles fósiles intervienen de manera importante en los procesos de degradación de los materiales. La lluvia participa activamente en el mismo proceso pues contiene dióxido de carbono y agentes oxidantes (RAMÍREZ, 2006: 13).

Las variaciones repentinas en la humedad generan grietas y pulverización de los materiales, así como las lluvias intensas que representan daños por el proceso de secado (BAYRO, 2008). Para este último caso, la sal hará que las superficies decoradas se vean mayormente afectadas.



Figura No. 5.2 Grieta en dintel. Figura No. 5.3 Deterioro en fachada.
Fotografías Héctor Ávila.

La lluvia ácida (pH menor a 5), mencionada brevemente en la página anterior, es también otro factor determinante para la alteración del inmueble arqueológico y además es uno de los procesos relacionados con el calentamiento global; esta lluvia es originada por los óxido de azufre y nitrógeno presentes en la atmósfera, que son convertidos en ácido nítrico y ácido sulfúrico al entrar en contacto con el agua atmosférica, así los ácidos generados son regresados a la tierra por medio de las precipitaciones (COIIM, 2011).

Destacan entre otras afectaciones las edificaciones arqueológicas, pues su carácter corrosivo afecta los inmuebles construidos con roca caliza (típica en la Península de Yucatán) y al mármol. El ácido sulfúrico al entrar en contacto con el carbonato de calcio de la roca caliza (porosa) la disuelve y transforma en sulfato de calcio, el cual es soluble en agua y además libera dióxido de carbono, principal gas del efecto invernadero, lo que se traduce en la degradación de la roca.

El estrés térmico produce deterioro en las fachadas de los restos arqueológicos como resultados de los cambios bruscos en la temperatura; de igual forma los episodios extremos de calor, la variación de la temperatura y su duración es lo que incide sobre las construcciones haciendo dilatar y contraer sus elementos. La eliminación de la vegetación natural que es la protectora para los monumentos arqueológicos frente al viento, tiene como consecuencia que se generen más daños a dichos monumentos pues las rachas de viento así como los eventos hidrometeorológicos que están aumentando en número (ocurrencia) e intensidad, impactan directamente sobre ellos (BAYRON, 2008).

Otro factor importante que afecta al patrimonio cultural es el biodeterioro, el cual según Videla es el daño físico o químico efectuado por diferentes tipos de organismos en objetos, monumentos o edificios que pertenecen al patrimonio cultural (VIDELA *et al.*, 2003).

Los materiales de construcción con contenidos orgánicos pueden ser más susceptibles de ataque biológico en altitudes y latitudes donde no se haya afectado anteriormente (UNESCO, 2008).

El patrimonio histórico no es la excepción en cuanto a la proliferación de microorganismos que provocan daños indeseables en las propiedades de determinado material estructural o de ornamentación (decoración), pues éstos se desarrollan usualmente en cualquier parte del planeta, colonizando y originando efectos negativos (GONZÁLEZ, *et al.* 2008).

Las plantas y microorganismos son causas biológicas que pueden provocar alteraciones al patrimonio arqueológico, por ejemplo: las finas raíces de las plantas penetran y crecen lentamente entre las uniones o juntas de las rocas y también en aquellas imperfecciones que pudiera tener, originando separación y desprendimiento de los materiales estructurales, logrando en casos extremos derribar partes importantes (Figura No. 5.4).



Figura No. 5.4 Deterioro causado por plantas.
Fotografía Héctor Ávila.

Los organismos llegan a formar en la superficie del bien inmueble películas biológicas (*biofilms*) constituidos primordialmente por bacterias.

Los responsables de las alteraciones estéticas, así como las físicas del material son causados por los grupos microbianos que se desarrollan con relación a los soportes o sustratos de roca (véase Figura No. 5.5). Los desechos (ácidos orgánicos) generados por estos microorganismos contribuyen a los procesos de

deterioro mediante la modificación original de los materiales según explica Warscheid (1988).



Figura. No. 5.5 Daño provocado por microorganismos.
Fotografía Héctor Ávila.

Las algas son organismos que pueden formar un tipo de vegetación muy particular por la capacidad de habitar en diferentes tipos de soporte (rocas, concreto) y sustrato (madera, árboles, etc.) de los que obtienen los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, favoreciendo la formación de fisuras o desprendimiento de secciones del edificio. Estos organismos han desarrollado o adquirido características que les permiten adaptarse a los embates extremos del clima, como los períodos prolongados de lluvias, olas de calor o la deshidratación por vientos, en especial las Cyanoprokaryota y las Chlorophyta, lo que trae como consecuencia que su crecimiento puede ocasionar daños a diferentes niveles. El principal problema que representa la amenaza de las algas en el patrimonio tangible está en la información sobre los orígenes, crecimientos y componentes de las algas, pero aún no se cuenta con información suficiente, lo que se puede traducir en que no se diseñan estrategias adecuadas para el control del crecimiento algal (RAMÍREZ, 2006).

Ramírez señala que el deterioro de la roca en la zona arqueológica es originado, entre otras causas por la secreción de ácidos orgánicos (oxálico, cítrico y urónico) e inorgánicos (ácido sulfúrico y nítrico) de los microorganismos, que conducen a una acidificación o quelación de cationes, promoviendo de esta manera la disolución de ciertos minerales (2006).

Las algas que se encuentran en los edificios arqueológicos son subaéreas (terrestres) o aerofíticas (zonas de elevada humedad), pero para que estos organismos puedan adherirse a las superficies es necesario de una película biológica producida por bacterias así se incrementa la degradación de la roca, pues el biofilm y el alga interactúan químicamente con los minerales que la componen.

Cada organismo que interactúa en el proceso de degradación genera una alteración en particular, pero en el sistema biológico, se relacionan con otros organismos y producen relaciones complejas con el soporte o sustrato, favoreciendo o acelerando el proceso de deterioro.

La alta humedad relativa, las temperaturas elevadas y la insolación constante generan las condiciones propicias para el desarrollo de organismos y, en el caso particular, de algas que se desarrollan de una manera rápida y constante, esto sucede sobre todo en ambientes que están en contacto con el aire (subaéreos). Así, en los sitios arqueológicos donde la humedad relativa sea alta y constante, el crecimiento algal será evidente.

Las edificaciones mayas constituidas por piedra calcárea, brinda un sustrato alcalino, lo que se traduce en una condición favorable para las especies de algas que activamente envolverán toda superficie exteriorizada y colonizando poco a poco otras con microambientes menos favorables. El resultado es un compuesto de muchos colores sobre las paredes y gracias a la humedad conservada por las algas, se establecen musgos y hepáticas (NOVELO *et al*, 2011).

Los líquenes son el resultado de la relación simbiótica de un hongo y un alga, dando como resultado un sólo organismo que tienen la facultad de adaptarse a los distintos climas y hábitats, en mejores condiciones en los lugares con una alta humedad relativa y, por si fuera poco, pueden crecer sobre cualquier sustrato ya sea inerte u orgánico (minerales, cortezas, plásticos, etc.), es decir que son excepcionalmente resistentes a las condiciones ambientales adversas, además de ser el principal dolor de cabeza para los encargados de la preservación y restauración de los inmuebles del patrimonio, por su difícil eliminación y porque dañan las fachadas y las estructuras de los edificios logrando en algunos casos que se desprendan elementos que adornan los edificios como los mascarones (cara formada de piedra) o degradando la roca de que se compone.

El género de líquenes llamado rupícola se encuentra sobre las rocas, su estructura es compleja y constituida en capas: corteza superior e inferior, una capa algal y otra medular. La mayor parte de la estructura la comprenden los hongos y alrededor del 7% las células algales y cianobacterias, así que a la proporción mayor se le llame macrobionte y a la menor microbionte.

Además de ser considerados colonizadores de sitios rocosos y carentes de vegetación, los líquenes degradan la roca que ocupan por medio del ácido líquénico lo que les permite obtener ciertos minerales para su nutrición, así con el pasar del tiempo van adecuando el sustrato para el desarrollo posterior de distintas plantas.

En mayo de 2007 el centro de patrimonio mundial de la UNESCO publicó el *reporton predicting and managing the impacts of climate change on World Heritage*, en el documento destacan las estadísticas que muestran que el cambio climático ha afectado ya los sitios considerados Patrimonio de la Humanidad.

Como se muestra en las siguientes gráficas (Figura No. 5.6 y 5.7):

Tipos de patrimonio afectados por el Cambio Climático

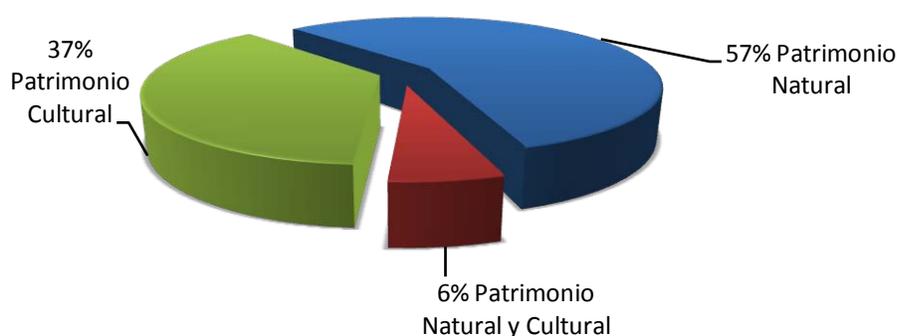


Figura No. 5.6 El patrimonio afectado por los cambios del clima.
Fuente: UNESCO, 2007 y REYES 2009.

El 57 % señalado en la Figura 5.6 representa al patrimonio natural, el 37 % representa al patrimonio cultural y el restante 6 %, está representado por aquellos sitios que tiene parte del patrimonio natural y cultural.

El reporte publicado por la UNESCO señalado en párrafos anteriores, manifiesta que se recibieron 110 respuestas de 83 Estados Parte. Alrededor de sesenta países reconocen que los sitios del patrimonio natural y cultural de la humanidad están siendo afectados por el cambio climático, en cuarenta y seis países donde dichos sitios se encuentran, se están llevando a cabo acciones específicas para hacerle frente, sin embargo las acciones se centran únicamente a hacer seguimientos a embates producto del clima cambiante.

Treinta países informaron que se está haciendo investigación, cuarenta y nueve países señalaron que está en marcha apoyo político sobre todo en acciones de sensibilización. Setenta y un países expresaron su interés en participar en iniciativas y programas destinados a hacer frente a los impactos del cambio climático que atentan contra los sitios del Patrimonio Mundial.

Asimismo señala que las amenazas a que está expuesto el patrimonio cultural de la humanidad se expresan con los siguientes porcentajes:

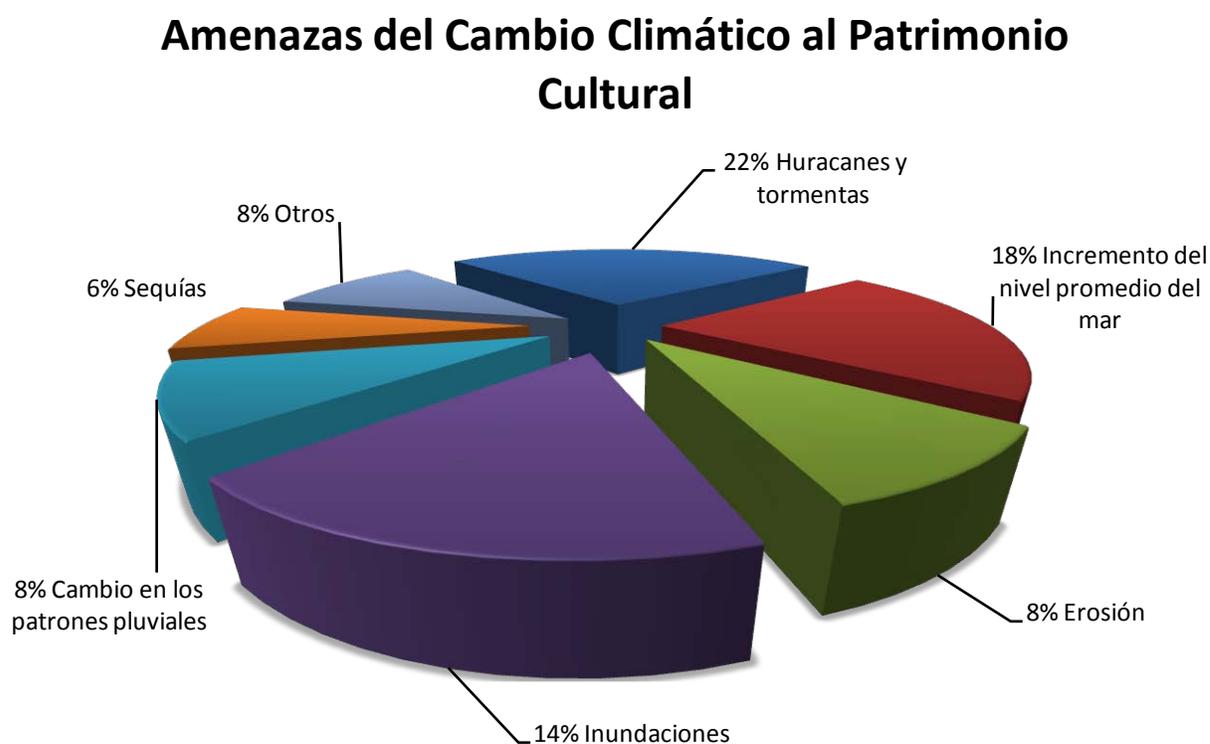


Figura No. 5.7 Amenazas climáticas al patrimonio cultural.
Fuente: UNESCO, 2007 y REYES 2009.

5.2. Priorización del Patrimonio Cultural Vulnerable

Los impactos adversos del cambio climático tendrán consecuencias tanto para el conjunto de la humanidad como para los productos de la creatividad humana. En el caso del Patrimonio Mundial cultural edificado estas consecuencias se pondrán de manifiesto al menos de dos maneras: por un lado en el impacto directo en edificios y estructuras, y por otro en los efectos en estructuras sociales y hábitats que podrían conducir a modificaciones e incluso a migraciones de las sociedades que actualmente mantienen estos sitios (UNESCO, 2009: 64).

México cuenta con 31 sitios declarados oficialmente en la lista de patrimonio de la humanidad por la UNESCO, de los cuales 27 pertenecen al patrimonio cultural y de esos 9 son zonas arqueológicas. De los tres asentamientos arqueológicos (Figura No. 5.8) que se consideran para la presente tesis, dos de ellas pertenecen a la lista oficial de la UNESCO, en el caso de Chichen Itzá declarada en 1996 y en 1998 la Ciudad de Uxmal. Cabe mencionar que pueden ser eliminados de la lista de Patrimonio Mundial a aquellos sitios que pierdan la característica que justificó su inscripción (UNESCO, 2007).

La tercera de ellas Tulum por estar cerca de la costa, considerada altamente vulnerable a las inclemencias del nivel del mar, según las modelaciones elaboradas por el *Center for Remote Sensing of Ice Sheets (CReSIS)*, (el cual es un centro de ciencia y tecnología establecido por la *National Science Foundation (NSF)* en 2005, con el objetivo de desarrollar nuevas tecnologías y modelos de computadora para medir y predecir la respuesta de los cambios del nivel medio del mar y de las capas de hielo en Groenlandia y la Antártida), en el cual se presenta un escenario crítico, que podría esperar hasta 6 metros de inundación (Figura No. 5.9) en las costas de la Península de Yucatán y por ser una de las zonas arqueológicas más visitadas por los turistas en al año 2010 según datos del INAH.



Figura No. 5.8 Patrimonio Mundial Maya.
Fuente: INAH, 2011.

Considerando los efectos del calentamiento global en el sistema climático, se espera que los eventos hidrometeorológicos se presenten cada vez potentes en cuanto a su efecto destructor y que impacten los sectores político, económico y sociocultural.

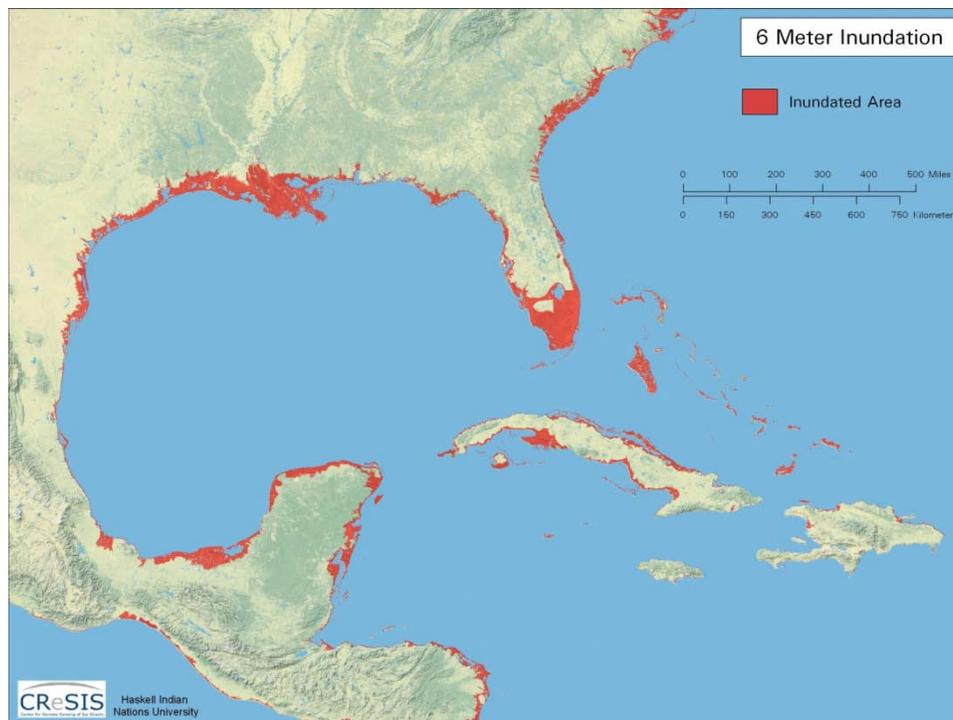


Figura No. 5.9 Proyección de inundación en 6 metros para la Península de Yucatán.
Fuente: CReSIS, 2010.

Dentro de los sectores económicos de México, la división cultural abarca al patrimonio cultural y es de extrañar que pese al aporte económico que representa no se esté trabajando para estudiar y determinar cómo está siendo afectado y los impactos que se presentarán en el futuro, para con ello determinar las medidas que mejor lo adapten a las inclemencias del cambio climático.

Para los restos arqueológicos presentes en la Península de Yucatán, otros impactos del cambio climático que tendrían incidencia por su ubicación geográfica vulnerable, son los ciclones y los huracanes, por ejemplo.

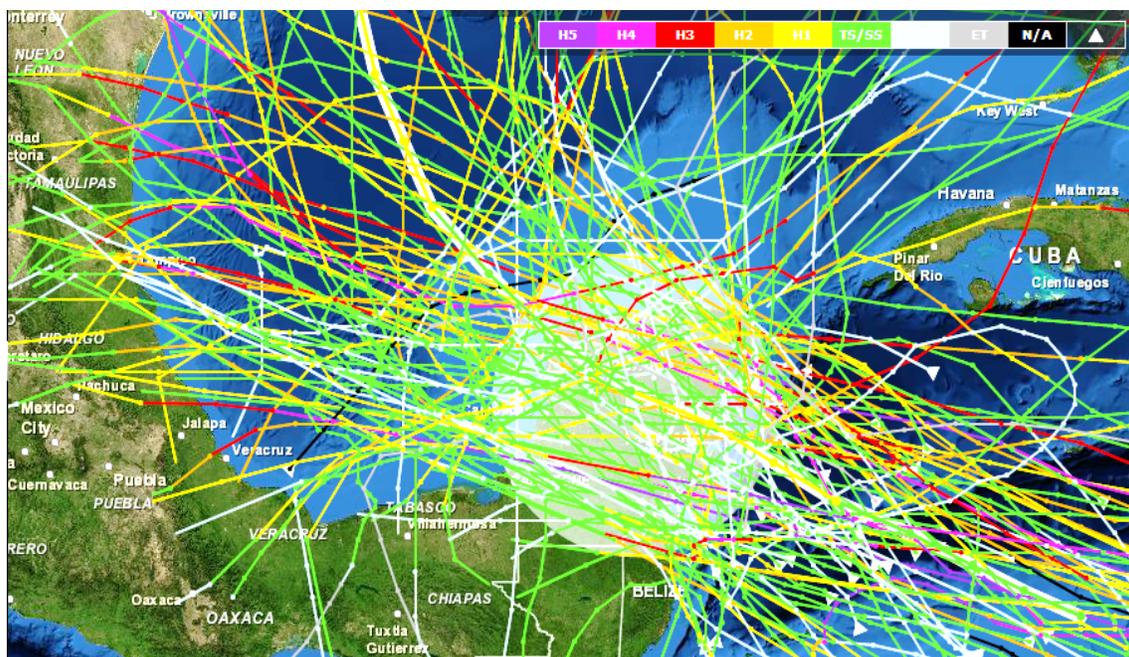


Figura No. 5.10 Datos históricos huracanes 1866 - 2011.
Fuente: NOAA, 2011.

En la Figura No. 5.10 se observa que en el transcurso de 145 años la península ha recibido 130 impactos entre depresiones tropicales (TD/SD), tormentas tropicales (TS/SS) y huracanes de diferentes categorías (H1, H2, H3, H4, H5) y en consecuencia problemas de inundaciones, desastres naturales y afectaciones a la sociedad y su patrimonio. Lo que la convierte en una zona altamente vulnerable a dichos eventos.

A continuación se presenta una lista con el número de huracanes y sus diferentes categorías, así como las tormentas tropicales y las posibles afectaciones esperadas.

Tabla No. 5.11 Categorías y posibles daños por huracanes y tormentas tropicales.
Fuente: NationalHurricane Center (NHC), 2011.

H5 (mayor a 250 km/h)	H4 (210 – 249 km/h)	H3 (178 – 209 km/h)	H2 (154 – 177 km/h)	H1 (119 – 153 km/h)	TS/SS (63 – 117 km/h)
Se registraron 9 huracanes de ésta categoría, entre sus daños potenciales destacan: destrucción de tejados, afectaciones en estructuras de algunos edificios, destrucción de casas en zonas vulnerables, inundaciones importantes en las plantas bajas de inmuebles cercanos a las costas, posibilidad de evacuación de habitantes, falta de servicios de agua y energía eléctrica y posibles aislamientos de zonas habitables por árboles y postes colapsados.	Han ocurrido 10 eventos de esta categoría, que entre sus posibles afectaciones resultan: daños catastróficos en estructuras en edificios y sus protecciones, erosión en playas e inundaciones, colapso de árboles, cierre de caminos por postes de energía eléctrica y árboles colapsados, zonas inhabitables por período de tiempo.	Se han registrado 13 huracanes de esta categoría. Entre sus daños potenciales se puede esperar impactos en estructuras de edificios pequeños, destrucción de casas móviles, inundaciones costeras y arrastre de objetos que pueden afectar otras áreas o estructuras, colapso de un gran número de árboles y la falta de disponibilidad de agua y energía eléctrica.	Son 27 eventos de esta naturaleza los registrados, con vientos sumamente peligrosos, diferentes daños potenciales en puertas y ventanas, importantes afectaciones en la vegetación, inundaciones en puertos, afectaciones en caminos y pérdida total de energía eléctrica.	19 huracanes registrados de categoría uno con vientos peligrosos que pueden ocasionar los siguientes daños: impactos en líneas eléctricas y postes, posibles cortes de energía, sin afectaciones importantes en estructuras de edificios, daños en arbustos y árboles, inundaciones en zonas costeras.	Se tienen registros de 28 tormentas tropicales, con las siguientes características: lluvias abundantes que pueden provocar inundaciones devastadoras.

Estos cambios en el clima que se traducen en impactos adversos originan eventos hidrometeorológicos que podrían afectar gran parte del resto arqueológico, acelerando su deterioro o derrumbando alguna de sus partes más vulnerables, provocando alteraciones físicas; los ciclones destacados por las velocidades de los vientos erosionarían las fachadas de los edificios del patrimonio; por otra parte, las inundaciones (súbitas o graduales) originadas por los ciclones, tormentas y depresiones tropicales, huracanes y en algunos casos

por el incremento del nivel del mar impactarían sobre manera en los vestigios arqueológicos ocasionando hundimientos, alteraciones físicas y químicas en el suelo y por tanto en el material de construcción acelerando el proceso de deterioro producto de la salinidad, en particular por las inundaciones debidas al incremento del nivel medio del mar, pues las construcciones no fueron diseñadas para tolerar la inmersión.

Las olas de calor afectarían al patrimonio mediante el estrés térmico, haciendo dilatar y contraer los materiales que le conforman y así agrietándolos. Los cambios en los patrones de lluvia y variaciones enérgicas de la humedad son eventos naturales que representan una amenaza causada por su incremento en cuanto al poder destructivo y al número de ocurrencia, a la vulnerabilidad de los sectores, de la sociedad y el patrimonio cultural, que puede ir en incremento de no iniciarse el proceso de adaptación para la infraestructura y para la población.

5.3. Medidas para Disminuir la Vulnerabilidad del Patrimonio Cultural

Se puede encontrar información importante que hace mención sobre medidas que pueden ser analizadas y puestas en práctica para lograr la adaptación a los impactos ya mencionados del cambio climático que afectan a los restos arqueológicos, que van desde el análisis concienzudo de aquellos impactos y su afectación al patrimonio, hasta la elaboración de imponentes estructuras ingenieriles, como se pudo apreciar en el capítulo tres, para con ello lograr reducir el impacto de los eventos naturales del cambio climático.

Es importante que las medidas que se tomen para el beneficio del patrimonio estén en estrecha armonía con éste, pues la intervención sin estudiar a fondo el problema y su posible solución, podría afectar en mayor medida. A manera de ejemplo se presenta el caso de la zona arqueológica Xlapac localizada en la denominada Ruta Puuc, en la cual se construyó una losa de concreto (Figura No. 5.11), lo que derivó en problemas de asentamiento y afectaciones (grietas) en otras partes del edificio lo que puede originar filtraciones y desencadenando así problemas mayúsculos como; proliferación de bacterias y hongos, deterioro de materiales, aumento de humedad, etc. Producto de la nueva carga a la cual es sometido y para la que no fue diseñada, para corregir la situación se necesitó de la intervención con elementos estructurales (dintel) para aminorar el nuevo problema (Figura No. 5.12).

Es así que no todas las intervenciones que se puedan implementar logran la reducción del problema, empero las que se realizan con previa investigación, planeación y modelación pueden derivar en una correcta reducción del problema o vulnerabilidad a impactos naturales.



Figura No. 5.12 Losa de concreto en Ixlapac.
Fotografía Héctor Ávila.



Figura No. 5.13 Cerramiento izquierda exterior, derecha interior del edificio.
Fotografía Héctor Ávila.

Una forma que puede reducir la vulnerabilidad del patrimonio ante lluvias torrenciales atípicas podría ser la implementación de red de drenaje, pues con ello se reduce el problema de encharcamientos e inundaciones, asentamientos y aparición o alteraciones microbiológicas (hongos, algas y bacterias). El agua podría ser recolectada y usada para riego, aseo y servicio sanitario.

Otra medida sería evitar la tala de árboles en la zona del inmueble, pues ellos brindan protección frente al viento, temporales (que han aumentado en intensidad y frecuencia en los últimos años) y además reducen la erosión. Para las zonas del patrimonio que no cuentan con este tipo de protección, se debe considerar su

plantación con árboles que presenten resistencia a impactos naturales severos, en una formación tal que logre reducir la afectación directa originada por los eventos del cambio climático.

El número constantemente en crecimiento de visitantes a las zonas arqueológicas origina impactos que pueden ser aminorados si se crean programas para hacer conciencia en la gente de la importancia del patrimonio y de la necesidad de protegerlo para conservar tanto su aspecto físico (estructura) como estético.

El monitoreo constante es importante pues con él se puede apreciar si las medidas implementadas están reduciendo el impacto, su evolución, si existen nuevas amenazas y las posibles nuevas soluciones.

El mantenimiento regular y periódico es mucho más efectivo que intervenciones puntuales, porque logra disminuir considerablemente las alteraciones o daños que el inmueble puede sufrir, además de reducir gastos por catástrofes y de recuperación.

5.4. Propuestas de la Organización de las Naciones Unidas

Después de notar que los impactos del cambio climático están afectando seriamente los bienes del patrimonio mundial de la humanidad tanto naturales como culturales, la UNESCO en 2005 puso en marcha la evaluación de esos impactos sobre aquellos bienes, en colaboración con los estados partes de la convención y varias organizaciones a nivel internacional, guiados por el comité del patrimonio mundial (UNESCO, 2009).

Los trabajos realizados por dicha organización han llegado a la conclusión de que es momento de desarrollar e implementar las medidas de gestión que resulten convenientes para la correcta protección del patrimonio mundial frente a los impactos generados por los cambios en el clima.

Para las zonas arqueológicas cercanas a la costa y que presenten determinada vulnerabilidad al incremento del nivel medio del mar, se deberá estudiar y determinar el posible incremento, de tal manera que se puedan desarrollar barreras que eviten posibles inundaciones, pues el flujo de agua erosionaría las edificaciones y provocando posteriormente condiciones que serían las ideales para la proliferación de hongos y moho.

La ejecución de medidas de restauración, mantenimiento además de la creación de zonas de protección es importante para la protección del bien inmueble ante eventos severos o intensos de precipitaciones pluviales que podrían hacer colapsar partes de edificios.

Un punto importante resaltado por la UNESCO en *reporton predicting and managing the impacts of climate change on World Heritage*, dice que aquellos cambios que genere el cambio climático en el patrimonio cultural no pueden verse únicamente al margen de los cambios que se manifiesten en ese patrimonio pues las afectaciones abarcarán a las sociedades en el comportamiento de las personas es decir, las maneras de como viven, trabajan y las relaciones sociales.

Al tiempo que los fenómenos meteorológicos extremos generan cambios físicos y biológicos en el entorno, a lo que habrá de sumarle las actividades del hombre, las condiciones de integridad de los bienes inmuebles se ven afectadas, por lo que es importante diseñar y gestionar zonas de amortiguamiento basado en el paisaje que le rodea.

Es importante hacer lo necesario para la protección del patrimonio cultural además de que es una obligación señalada en la Lista del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, que enfatiza la responsabilidad por la protección, conservación y difusión de esos bienes denominados patrimonio de la humanidad para aquellos países donde se encuentra el bien.

Estudiando la información disponible de manera oportuna, se puede obtener información interesante para los encargados de la preservación del patrimonio cultural. Por ejemplo, analizando las publicaciones más recientes del IPCC, se puede desarrollar información importante a nivel local para la creación de mapas de vulnerabilidad y atender aquellas zonas donde se encuentre inmerso el bien arqueológico y que se encuentra en peligro de ser afectado por causa de los impactos del cambio climático.

Si los procesos de investigación, interpretación y desarrollo son anticipados a los eventos del cambio climático, se pueden elaborar estrategias detalladas de adaptación y así lograr que la vulnerabilidad del patrimonio de la humanidad disminuya considerablemente.

En lo que a políticas encaminadas a la protección y preservación del patrimonio se refiere la UNESCO ha publicado, las siguientes:

En la reunión número 16 llevada a cabo en octubre del año 2007, la asamblea general de Estados Parte evaluó y aprobó el documento de política sobre los impactos del cambio climático en el patrimonio mundial (*Policy Document on the Impacts of Climate Change on World Heritage Properties*), dirigida principalmente a los responsables políticos con el firme propósito de orientarlos en la toma de medidas clave sobre la protección del patrimonio cultural frente a los impactos del clima cambiante, las necesidades de investigación, sinergias, cuestiones legales en relación al patrimonio y los embates del clima.

Del documento mencionado en el párrafo anterior se desprenden elementos fundamentales como:

- Al analizar los impactos del clima en la integridad y autenticidad del patrimonio, se deberá trabajar en cooperación con otros adeptos que tengan la responsabilidad, recursos, conocimientos y que también se encuentren afectados por las variaciones del clima.
- El comité del patrimonio mundial será un ávido activista para que los socios que cuentan con recursos, apoyen o ejecuten las investigaciones correspondientes.
- Cuando sea adecuado y posible se permitirá el uso de los bienes del patrimonio mundial, como mecanismo para sensibilizar en las reuniones internacionales a fin de obtener apoyo para políticas de mitigación, divulgación de información sobre vulnerabilidad, estrategias de adaptación y proyectos de investigación.
- Se considerará al cambio climático al brindar informes sobre el estado, la gestión y el seguimiento de las propiedades.

Conclusiones

- I. El calentamiento global que desencadena al fenómeno del cambio climático es el desafío ambiental más trascendental para las sociedades (gobiernos, científicos, sectores público y privado y la humanidad en general), pues sus efectos adversos están impactando a las comunidades, a la infraestructura de las ciudades y del campo, a los sectores económicos y al patrimonio cultural, tales efectos serán más destructivos si la ubicación geográfica de la ciudad o país que alberga al patrimonio cultural es altamente vulnerable a eventos climatológicos extremos.
- II. El tema de cambio climático debe ser considerado como un evento real que se espera agrave los problemas que deterioran los inmuebles en las zonas arqueológicas.
- III. Los impactos del cambio climático alteran la manera de ver y entender lo que sucede en el entorno, resultado de esa nueva manera de comprenderlos, surge la necesidad imperiosa de hacer investigaciones, acciones y medidas para enfrentar, reducir y adaptarse a las nuevas condiciones impuestas.
- IV. Pese al beneficio social y económico que el patrimonio cultural representa, México se ha mantenido relegado en cuanto a actividades, programas y políticas encaminadas a preservar y proteger los monumentos y sitios arqueológicos ante el cambio climático.
- V. Las afectaciones en monumentos arqueológicos son causa de varios eventos (naturales y/o antropogénicos) únicos o combinados. Identificar como actúan y dañan la estructura de los materiales es pieza clave para desarrollar soluciones eficaces.

- VI. Las afectaciones al patrimonio cultural son resultado de la actividad errática del clima, es importante que la adaptación sea considerada como un medio fundamental al que debe darse un nivel alto de atención para con ello, lograr la reducción de las vulnerabilidades, pues los impactos del cambio climático seguirán afectando por siglos al sector sociocultural, político y económico, esto debido al calentamiento inercial de los océanos y a las recientes y futuras emanaciones de GEI.

- VII. Sin importar las condiciones ambientales impuestas por los eventos del cambio climático y la respuesta esquelética de acciones nacionales e internacionales en materia de mitigación de gases de efecto invernadero que incrementan las alteraciones al sistema climático, las acciones que tengan en cuenta los problemas ambientales resultan de gran relevancia y representan una ventaja a largo plazo para la adaptación.

- VIII. En este trabajo de tesis se retoman las publicaciones de la UNESCO, en donde se señalan las alteraciones que originan los eventos adversos del cambio climático en las propiedades que constituyen la lista de patrimonio cultural de la humanidad y en las que ya se ejecutan acciones correctivas y preventivas, mismas que podrían ser analizadas e implementadas (de ser posible) en las zonas arqueológicas que estén en peligro dentro del territorio mexicano.

- IX. La protección del patrimonio cultural tangible debe ser una tarea importante y activa a la cual se le debe dedicar tiempo, pues de ello dependerá su adaptación y que la reducción de la vulnerabilidad se vea incrementada positivamente para lograr su existencia en el tiempo y para que las futuras generaciones puedan apreciar su magnificencia.

- X. Atendiendo oportunamente la información disponible con respecto a las variaciones y posibles eventos climáticos, se pueden desarrollar mecanismos específicos que logren proteger ampliamente al patrimonio en cuestión.

- XI. Las acciones que se realizan en materia de protección y salvaguarda del patrimonio cultural tangible en México no contemplan una planeación estratégica con la visión para afrontar los efectos negativos del cambio climático.

- XII. El constante crecimiento de visitantes a las zonas arqueológicas origina impactos (físico y estético) que pueden ser mitigados con programas para hacer conciencia en la gente sobre la importancia y necesidad de proteger el patrimonio.

- XIII. El mantenimiento regular y periódico es mucho más efectivo que intervenciones puntuales, pues logra disminuir considerablemente las alteraciones o daños que el inmueble puede sufrir, además de reducir gastos por catástrofes y de recuperación.

Recomendaciones

- I. El tema de cambio climático y sus consecuencias no pueden ser excluidos al momento de diseñar las medidas que sirvan para proteger los sitios arqueológicos que tiene a su cargo el INAH, pues las variables que caracterizan al fenómeno climático, es decir el aumento en el potencial destructivo y el número de ocurrencia son factores clave y determinante para asegurar su continuidad en el tiempo.
- II. Se recomienda que las instituciones mexicanas encargadas de la promoción, difusión, protección y salvaguarda del patrimonio cultural incluyan en sus trabajos y políticas la componente cambio climático, tales como el INAH, INBA, CONACULTA, SECTUR (federal y estatal).
- III. El INAH debe mantener actualizada la información de las investigaciones relacionadas al tema, que la UNESCO y el IPCC publican, con el fin de conocer los avances en materia de protección del patrimonio y cambio climático para que las acciones a desarrollar contemplen los más recientes descubrimientos y acontecimientos.
- IV. Luego de ocurrido un impacto intenso de carácter climático se deberá analizar los daños físicos que resulten, a manera de evaluar si las acciones de adaptación realizadas han sido efectivas y en que porcentaje se reduce la vulnerabilidad del bien en cuestión, así como para detectar nuevas amenazas y las posibles nuevas soluciones.

- V. Se recomienda que los trabajos resultado del presente proyecto de tesis sean asesorados por especialistas de otras áreas del conocimiento, tal es el caso de la química, biología y la arqueología, para entender los procesos de degradación de los diferentes materiales que constituyen el bien arqueológico, así como de los posibles organismos que le afecten, y diseñar en conjunto estrategias para la salvaguarda del patrimonio en cuestión.

Bibliografía

- Águila, G. (2005). *Estudio Lingüístico y glosario de los términos especializados de la arqueología*. Tesis Doctoral, Departamento de Lengua Española, Universidad de Granada.
- Banco Mundial. (2010). *Informe sobre el Desarrollo Mundial. Desarrollo y Cambio climático. Panorama General: un nuevo clima para el desarrollo*. Washington, DC.
- CICC (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático). (2007). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*, SEMARNAT. México.
- Castro B., et al. (2010, febrero). *Influence of Climate Change on Concrete Durability in Yucatan Peninsula*. CINVESTAV, unidad Mérida. En *Corrosion Engineering, Science and Technology* (N° 1, 61-69). Revista Oficial de la Federación Europea de Corrosion.
- Cottom, B. (2004). *Diversidad y Enfoques del Patrimonio Cultural*, pp. 85-97. En CONACULTA (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes). (2004). *PATRIMONIO CULTURAL Y TURISMO*. Cuadernos 8; Cartografía de Recursos Culturales de México.
- Drew, D. (2002). *Las Crónicas Perdidas de los Reyes Mayas*. Colección América Nuestra, América Antigua, Siglo Veintiuno Editores. México.
- Fagan, B. (2009). *El Gran Calentamiento: Cómo influyó el cambio climático en el apogeo y caída de las civilizaciones*. Gedisa, Barcelona, España.
- Gallegos, H., et al. (2003). *Las Estructuras de Mampostería*. (pp. 3-21). En Fundación ICA, A. C. (2003). *Edificaciones de Mampostería para Vivienda*. México.
- González, J., et al. (2008). *Biodeterioro: Diversidad Microbiana y Biodeterioro en la Conservación del Patrimonio*, (pp. 183-189). En IPHE (Instituto del Patrimonio

Histórico Español). *La Ciencia y el Arte, Ciencias Experimentales y Conservación del Patrimonio Histórico*. Ministerio de Cultura, España.

- Hernández, H.(2002). *El Patrimonio Cultural: La Memoria Recuperada*. Ediciones Trea. España.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).(2007). *Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972. Última reforma publicada DOF 09-04-2012. Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión.
- López, V.(2009). *Cambio Climático y Calentamiento Global: ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas*. Trillas, México.
- Ludevid, A.(1997). *El Cambio Global en el Medio Ambiente, Introducción a sus Causas Humanas*. Boixareu Editores, Barcelona.
- Medina, L. (2009, Junio). *Calentamiento Global Antropogénico*. OIKOS.(Nº 27, 125-145), Escuela de Administración y Economía, Universidad Católica Silva Henríquez (UCSH), Santiago de Chile.
- Monterroso, J.(2001). *Protección y Conservación del Patrimonio. Principios Teóricos*, Tórculo Editions, Santiago de Compostela.
- Pérez, G.(1999). *Zonas Arqueológicas Declaradas Patrimonio de la Humanidad*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez, M. (2004). *Down MexicoWay. Estereotipos y Turismo Norteamericano en el México de 1992*, (pp. 13-74). En CONACULTA(Consejo Nacional para la Cultura y

las Artes).(2004). *PATRIMONIO CULTURAL Y TURISMO*. Cuadernos 8; Cartografía de Recursos Culturales de México.

- PND (*Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*). Presidencia de la República. México.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).(2005). *Cambio Climático:Proyecto Ciudadanía Ambiental Global*. México.
- Poder Ejecutivo Federal (2009, Agosto 28). *Programa Especial de Cambio Climático 2009 – 2012*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación.
- Ramírez, M.(2006). *Caracterización de dos Crecimientos Algales Causantes del Biodeterioro en la Zona Arqueológica de Palenque (Chiapas, México)*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reyes, A. (2009).*El Patrimonio Musical Documental Frente al Cambio Climático*. Trabajo presentado en elIII Congreso Internacional de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades 2009 – México. VI.05, (pp.1170-1178). Coatzacoalcos Veracruz.
- The Royal Academy of Engineering, et al, (2011).*Engineering the Future:Infraestructure, Engineering and Climate Change Adaptation – Ensuring Services in an Uncertain Future*. London.
- Sutton, D.et al.,(1981). *Fundamentos de Ecología*. Limusa, México.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). (1957).*Conferencia General, Resoluciones*. Novena Reunión,Nueva Delhi.
- UNESCO.(2007). *Climate Change and World Heritage. Report on Predicting and Managing the Impacts of Climate Change on World Heritage and Strategy to Assist*

States Parties to Implement Appropriate Management Responses. Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO, Ministerio de Cultura de España.

- UNESCO. (2008). *Policy Document on the Impacts of climate Change on World Heritage Properties.* Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO, París, Francia.
- UNESCO.(2009). *Estudios de caso Cambio Climático y Patrimonio Mundial.* Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO, España.
- Videla, H.(1996). *Manual of Biocorrosion.* Lewis Publishers/CRC Press. Boca Raton, FL, USA. (pp. 228). En Videla, H.*et al.*(2003). *Biodeterioro de Materiales Estructurales de Sitios Arqueológicos de la Civilización Maya.* Revista del Museo de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Warscheidet *al*, (1988). *Effect of cleaning on the distribution of microorganisms on rock surfaces.*En Videla, H.*et al.* (2003). *Biodeterioro de Materiales Estructurales de Sitios Arqueológicos de la Civilización Maya.* Revista del Museo de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Warwick, B.*et al*, (1976).*Dictionary of Archaeology.* España. En Pérez, G. (1999).*Zonas Arqueológicas Declaradas Patrimonio de la Humanidad.* Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zaror, C. (2007, Septiembre - Octubre). *Cambio Climático y Calentamiento Global.* Revista Ciencia Ahora, N° 20, (pp. 22-24.), Universidad de Concepción Chile

Internet

- Bayro,G.(2008).*Patrimonio cultural, cambios climáticos, desastres naturales y antrópicos*. Extraído el 02 de septiembre de 2010 desde Internet, URL: <http://bvpad.indeci.gob.pe/html/es/home.html>
- Blogdeturismo. (n.d.).*Barreras del Támesis en Blog del turismo*.Extraído el 15 de junio 2010 desde Internet, URL: <http://www.blogdeturismo.com/barrera-del-tamesis/>
- Callender Sam.(2010).TravelPod; *Cacaxtla*. Extraído el 23 de enero de 2012 desde Internet, URL: <http://blog.travelpod.com/travel-photo/sam.callender/2/1266222765/cacaxtla.jpg/tpod.html>
- CIC (Comisión Interamericana de Cultura). (n.d.). *Temas, Conservación del Patrimonio Cultural*.Extraído el 22 de Agosto de 2011 desde Internet, URL: http://www.oas.org/udse/cic/espanol/fr_bien.html
- CINU (Centro de Información de las Naciones Unidas). (2010).*La Importancia del Patrimonio Cultural*.Naciones Unidas - Centro de Información México, Cuba y República Dominicana. Extraído el 4 de Julio de 2010 desde Internet, URL: <http://www.cinu.org.mx/eventos/cultura2002/importa.htm>
- CINU (n.d.). *La UNESCO y la Protección del Patrimonio Cultural*. Extraído el 13 de octubre de 2011 desde Internet, URL:<http://www.cinu.org.mx/eventos/cultura2002/unesco.htm>
- COIIM (Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid). (n.d.). *Lluvia Ácida*. Extraída el 31 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.coiim.es/default.aspx>
- Colegio Oficial de Físicos. (n.d.). *CAMBIO CLIMÁTICO, hacia un nuevo modelo energético*.Extraído el 13 de octubre de 2010 desde Internet, URL: www.cofis.es

- Comisión Europea. (2008). *La acción de la EU contra el cambio climático, la adaptación al cambio climático*. Extraído el 20 de octubre de 2010 desde Internet, URL: http://publications.europa.eu/howto/index_es.htm
- CONACULTA (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes). (n.d.). *Acerca de CONACULTA*. Extraído el 15 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.conaculta.gob.mx/>
- CONACULTA (Consejo Nacional para la Cultura y las Artes). (n.d.). *El ABC del Patrimonio Cultural y Turismo*. Coordinación Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo. México. Extraído el 11 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.conaculta.gob.mx/turismocultural/documentos.php>
- Coordinación Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo. (n.d.). *Quiénes somos*. Extraído el 15 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.conaculta.gob.mx/turismocultural/>
- CReSIS (Center for Remote Sensing of Ice Sheets). *Data Products, Sea Level Rise Maps*. Extraído el 22 de febrero de 2010 desde Internet, URL: <https://www.cresis.ku.edu/data/sea-level-rise-maps>
- En-yucatan. (2011). *Mapas*. Extraído el 11 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.en-yucatan.com.mx/mapas/>
- Environment Agency. (n.d.). *The Thames Barrier*. Extraído el 15 de junio de 2010 desde Internet, URL: <http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/38353.aspx>
- Emol. (n.d.). *Calentamiento Global: Multimedia*. Extraído el 03 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.emol.com/especiales/calentamientoglobal/multimedia.htm>
- Foster + Partners (n.d.). *Projects, City Hall, London*. Extraído el 15 de junio de 2010 desde Internet, URL: <http://www.fosterandpartners.com/Practice/Default.aspx>

- García, M.(1940). *Introducción al Estudio del Derecho*. Porrúa, México. En Cottom, B.(2001). *Patrimonio Cultural Nacional: El Marco Jurídico y Conceptual*.Extraído el 14 de octubre de 2011 desdeInternet, URL: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/derycul/cont/4/ens/ens11.pdf>
- Google Maps.(2012). *Desenzano del Garda*. Extraído el 10 de enero de 2012 desdeInternet, URL: <http://maps.google.com/maps?f=d&dirflg=d&saddr=Via%20Crocefisso%2022%20-%20Desenzano%20del%20Garda,%2025015%20Brescia%20-%20Italy>
- Gobierno del Estado de Yucatán (n.d.). *Dependencias: Secretaría de Fomento Turístico*. Extraído el 12 de octubre de 2011 desde Internet, URL: http://www.yucatan.gob.mx/gobierno/dependencias/informacion_dependencia.jsp?id=16
- GreenFacts (2007). *Cambio Climático: Resumen del Informe de Evaluación 2007 del IPCC (Intergovernmental Panel onClimateChange)*,Extraído el 30 de Mayo de 2011 desde Internet, URL: <http://www.greenfacts.org/en/index.htm>
- Heyd, T. (2006).*Naturaleza, Cultura y Patrimonio Natural: Hacia una Cultura de la Naturaleza*. Extraído el 01 de marzo de 2011 desde Internet, URL: http://www.ludusvitalis.org/textos/25/25_heyd.pdf
- Hedding, B. (2000). *El Potencial de las Ciudades Patrimoniales como Atractivo Turístico*.Trabajo presentado en el 6° Taller de Imagen Urbana en Ciudades Turísticas con Patrimonio Histórico. Campeche, Campeche. Extraído el 20 de diciembre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.cnmh.inah.gob.mx/ponencias/500.html>
- INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia). (n.d.). *¿Quiénes Somos?* Extraído el13 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.inah.gob.mx/>
- INAH (2009). *Boletines: Tableros de Mitla*.Extraído el 23 de enero de 2012 desdeInternet, URL: <http://inah.gob.mx/index.php/boletines/13-conservacion/3741-tableros-de-mitla>

- INAH (2012, Mayo 24). *INAH Noticias: Protegen Patrimonio Cultural Contra Huracanes*. Extraído el 28 de mayo de 2012 desde Internet, URL: <http://www.inah.gob.mx/index.php/boletines/250-proteccion-del-patrimonio/5906-protecten-patrimonio-cultural-contrahuracanes>
- INBA (Instituto Nacional de Bellas Artes). (2011). *Conoce el INBA: Historia*. Extraído el 13 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.bellasartes.gob.mx/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (n.d.). *Sociedad y Gobierno: Patrimonio Cultural y Bibliotecas*. Extraído el 3 de noviembre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21702>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (n.d.). *Fifth Assessment Report*. Extraído el 30 de Mayo de 2011 desde Internet, URL: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Joint Liaison Group of the Rio Conventions. (n.d.). *Adaptation, Under the Frameworks of the CBD, the UNCCD and the UNFCCC*. Extraído el 20 de Septiembre de 2010 desde Internet, URL: http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/items/2625.php
- Joint Programming Initiative (JPI) on Cultural Heritage Cultural Heritage.(2009). *ClimateChange and Security*. Extraído el 02 de Septiembre de 2010 desde Internet, URL: http://www.era.gv.at/attach/JPI_CulturalHeritage_final_4.11.09.pdf
- Krebs, M., et al.(1999). *Patrimonio Cultural: aspectos económicos y políticas de protección*. Extraído el 30 de Agosto de 2010, Internet desde URL: <http://www.dii.uchile.cl/~revista/>

- López, V. (n.d.). *La adaptación al cambio climático, reto y oportunidad para la ingeniería civil*. Extraído el 1 de Junio de 2010 desde Internet, URL: www.utecv.esiaz.ipn.mx/boletin/mayo10/contenidos/ambiental.docx
- Mendoza, B. (2007). *Calentamiento global y Actividad Solar*. Revista Digital Universitaria, Universidad Autónoma de México, vol. 8, núm. 10, pp. 1-8. Extraído el 22 de Febrero de 2011 desde Internet, URL: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art75/int75.htm>
- National Geographic, España. (2011). *BanglaDesh, la amenaza del océano*. Extraído el 15 de noviembre de 2011 desde Internet, URL: http://www.nationalgeographic.com.es/2011/05/03/fotografias_jonas_bendiksen.html
- NHC (National Hurricane Center). (n.d.). *Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale*. Extraído el 3 de noviembre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (n.d.). *Historical Hurricane Tracks*. Extraído el 3 de noviembre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/tools/hurricanes/index.html>
- Novelo, E., et al. (2011). *Las algas en los sitios arqueológicos mayas, biología y conservación del patrimonio*. Revista Ciencias de la UNAM, núm. 104. Extraído el 17 de abril de 2012 desde Internet, URL: <http://revistaciencias.unam.mx/>
- Oaxaca Digital. (2011). *Tema: Política. Con Muestras de Cariño, Oaxaca Desea Feliz Retorno al Cuerpo Diplomático*. Extraído el 22 de febrero de 2012 desde Internet, URL: <http://oaxaca-digital.info/con-muestras-de-carino-oaxaca-desea-feliz-retorno-al-cuerpo-diplomatico/>
- OEA (Organización de los Estados Americanos). (n.d.). *Temas, Cultura*. Extraído el 24 de Septiembre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.oas.org/es/>

- Panoramio.(2012). *Zona Arqueológica: Cacaxtla, Tlaxcala, México*. Extraído el 09 de enero de 2012 desde Internet, URL: <http://www.panoramio.com/photo/34785372>
- Piedras, E.(2008). *México: Tecnología y Cultura para un Desarrollo Integral*.(pp. 150 – 167). En: *Economía Creativa, Como Estrategia de Desarrollo: una Visión de los Países en Desarrollo / Organización Ana Carla Fonseca Reis*. São Paulo, Itaú Cultural, (2008). Extraído el 4 de octubre de 2011 desde Internet, URL: http://www.garimpodesolucoes.com.br/downloads/ebook_es.pdf
- Ramírez, J. (n.d.).*Corrientes Oceánicas*.Extraído el 25 de Noviembre de 2010 desdeInternet, URL: <http://www.teideastro.com/>
- Reh.(2006). *Castillo de Kukulcán – “Serpiente Emplumada”*.Extraído el 24 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://www.flickr.com/photos/19463831@N00/1447508302/>
- SECTUR (Secretaría de Turismo). (n.d.). Extraído el 12 de octubre de 2011 desdeInternet, URL: <http://www.sectur.gob.mx/swb/sectur/>
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). *Espacio Digital Geográfico: Visor de Mapas en Línea*. Extraído el 11 de octubre de 2011 desde Internet, URL: <http://infoteca.semarnat.gob.mx/index3.htm>
- Serrano, A. (n.d.).*El patrimonio Natural y Cultural de una ordenación del territorio para una mayor sostenibilidad del desarrollo*. Universidad Politécnica de Valencia. Extraído el 17 de Febrero de 2011 desde Internet, URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/natural.pdf>
- UNESCO.(1972). *Convención sobre la protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural*. París. Extraído el 14 de Marzo de 2011 desde Internet, URL: <http://whc.unesco.org/en/conventiontext>

- UNESCO.(2011). *WorldHeritageList*. Extraído el 20 de Diciembre de 2011 desde Internet, URL: <http://whc.unesco.org/en/list>
- UNESCO.(2011a). *The Criteria for Selection*.Extraído el 28 de Diciembre de 2011 desde Internet, URL: <http://whc.unesco.org/en/criteria>
- UNESCO.(2012). *WorldHeritageList. Villa Romana del Casale*. Extraído el 09 de Enero de 2012 desde Internet, URL: <http://whc.unesco.org/en/list/832>

Glosario

Adaptación. El IPCC lo define como un ajuste en los sistemas naturales o humanos, en respuesta a los efectos climáticos actuales o futuros y que modera el daño, aprovechando las oportunidades beneficiosas.

Atmósfera. Capa gaseosa que cubre la Tierra, compuesta por oxígeno y nitrógeno principalmente, pequeños porcentajes de argón, dióxido de carbono, vapor de agua, neón, helio, kriptón, hidrógeno y ozono en distintas proporciones. Protege la vida sobre la tierra absorbiendo la radiación ultravioleta en la capa de ozono.

Basamento. Cuerpo formado por la base o plataforma y la columna, como elemento estructural y arquitectónico.

Biomasa. Materia orgánica resultado de un proceso biológico, en algunos casos es utilizada para producir calor, electricidad y biocombustible.

Cambio Climático. Según la UNFCCC, se entiende por cambio climático un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Cambio global. Afectaciones a los ciclos o sistemas terrestres producto de las actividades del hombre sobre la tierra.

Combustible fósil. Se considera al petróleo, carbón y gas natural formado desde hace millones de años a partir de restos orgánicos de plantas y animales muertos.

Contaminante. Agente (materia o energía) totalmente ajeno al medio (agua, aire, suelo) que genera alteraciones nocivas en un ecosistema, medio físico o en un ser vivo.

Deforestación. Proceso ocasionado generalmente por la acción del hombre al destruir la superficie forestal, debido a la tala, quema y al uso de suelo para la ganadería y agricultura.

Detrimento. Destrucción leve o parcial, daño a la salud, bienes o intereses.

Diseño integrado. Proyecto de construcción que desde la fase inicial incorpora los principios de sustentabilidad.

Ecosistema. Unidad compuesta por los seres vivos y los componentes físico-químicos que interactúan en un medio.

Fauna íctica. Conjunto de los peces de una zona acuática acotada.

Gases de Efecto Invernadero (GEI). Gases situados en la atmósfera terrestre que absorben la radiación infrarroja que la tierra refleja al espacio y que en un principio provino del Sol.

Impacto. Consecuencia causada por un hecho que afecta un entorno social o natural.

Infraestructura. Obras que la sociedad demanda: vivienda, hospitales, carreteras, escuelas, presas, drenajes, etc.

Lluvia ácida. Se forma con la combinación de los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas, la quema de combustibles fósiles, etc. Estos gases mezclados con el vapor de agua forman ácido sulfúrico y nítrico haciendo que la lluvia tenga un pH menor a 5.

Método de siembra directa. Es aquella donde la semilla es colocada directamente en el lugar definitivo. Realizando la siembra con pala o tractor.

Micrón. Unidad de longitud que es equivalente a 1/10,000 de un centímetro.

Mitigación. El IPCC define como: una intervención antropogénica para reducir la emisión de gases con efecto invernadero, o bien aumentar sus sumideros.

Organismo. Ser vivo unicelular, pluricelular o sin estructura celular (como los virus), procariota o eucariota, con capacidad metabólica y reproductora, considerado como la integración de un conjunto de órganos, orgánulos o estructuras.

Patrimonio cultural. Legado cultural de una civilización del pasado heredado para las generaciones presentes y futuras.

Patrimonio cultural tangible. Expresión de las culturas a través de realizaciones materiales.

Patrimonio natural. Conjunto de bienes y riquezas creadas a lo largo del tiempo de manera natural constituida por formaciones físicas y biológicas como las reservas de la biósfera, parques nacionales, santuarios de la naturales, etc.

Simbiosis. El término hace referencia a la relación estrecha y perseverante entre organismos de distintas especies.

Sumidero. Se refiere a un lugar donde enormes cantidades de energía es absorbida.

Turismo. Según la Organización Mundial del Turismo, es la actividad que realizan las personas durante un viaje a lugares distintos al de su entorno habitual, en un período menor a un año y mayor a un día, con fines de ocio, negocios u otros motivos.

Vulnerabilidad. Incapacidad de resistencia cuando se presenta un evento o fenómeno que amenaza los sistemas naturales, económicos y sociales.

Zona arqueológica. Conjunto de muebles o inmuebles que nos presentan los vestigios de civilizaciones pasadas y cuya historia está relacionada con sucesos importantes de la localidad, de la región o la nación.