

AFECTACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DE MÉXICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Irma Trejo¹, Josefina Hernández¹ y Lourdes Villers²
itrejo@igg.unam.mx, hlozano@servidor.unam.mx, villers@servidor.unam.mx

¹Instituto de Geografía, ²Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D.F. México.

RESUMEN

Se analiza el grado de afectación de las comunidades vegetales de México, ante los cambios que se producirán en el clima de acuerdo a modelos generados para evaluar las modificaciones en temperatura y precipitación para los años 2020 y 2050. Se utilizan las respuestas de modelos globales de cambio climático asociados a escenarios de emisiones como: GFDL-A2, GFDL-B2, Hadley-A2 y Hadley-B2 y se aplican sobre una base climática construida con datos de 1961-1990 (2795 estaciones). Se utiliza un sistema de información geográfica para elaborar los mapas resultado y se evalúa cuáles son las comunidades vegetales más afectadas, basadas en su distribución espacial y estado de conservación actual (2002), bajo el supuesto de que en el tiempo analizado, la vegetación no podrá responder con modificaciones en su distribución y por lo tanto sufrirán el impacto del cambio climático. Los resultados muestran que para el 2020 entre el 20 y el 47% de la vegetación actual se verá afectada por el cambio. Para el 2050 se espera que entre el 51 y el 62% de la cobertura vegetal enfrente cambios en las condiciones climáticas en las que se establecen actualmente, y estén sometidas a condiciones más cálidas y en general más secas (de acuerdo a cada modelo). Gran parte de los matorrales xerófilos y los pastizales estarán expuestos a mayor sequía, los bosques templados sufrirán mayor estrés por el aumento en la temperatura lo cual pondría en riesgo su permanencia y las selvas principalmente las espinosas y caducifolias también quedarán expuestas al cambio. Se muestran los resultados en mapas que muestran espacialmente la distribución de las afectaciones a nivel nacional. La sensibilidad al cambio climático se incrementa por el estado de conservación que presenta actualmente la vegetación, así como la tasas de deforestación y el nivel de alteración que imperan a nivel nacional. Ante estos escenarios es necesario plantear medidas para mitigar el cambio.

Palabras clave: *México, Vegetación, Cambio climático, Impacto, Modelos climáticos.*

INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones actuales a nivel mundial es la evidencia de la pérdida de la biodiversidad, con tasas de extinción de especies en ordenes de magnitud no documentados anteriormente (Balmford *et al.*, 2005; Millennium Ecosystem Assessment 2005), adicionado a otros eventos como el decline de las poblaciones de plantas y animales y la pérdida del hábitat. Es reconocido el hecho de que tales acontecimientos están relacionados a las actividades humanas que han desplazado los sistemas naturales y se han transformado en campos de cultivo, zonas ganaderas, urbanas, industriales, etc. (O'rourke 2006). Estos cambios en el uso del suelo han tenido como consecuencia la contaminación del agua, la degradación de suelos, la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de especies, entre otros efectos (Gitay *et al.*, 2002).

Los cambios mencionados anteriormente han tenido efecto sobre la composición de la atmósfera provocando una tendencia al incremento de la temperatura de la tierra notable en los últimos 100 años que se reconoce como calentamiento global actual (IPCC 2001). Debido a la rapidez con el cual se presentan estos cambios se espera que tengan diferentes efectos en los ecosistemas (Gray 2005), como en la distribución y abundancia de las especies (Hughes 2000) así como la desaparición de algunos organismos (Thomas *et al.*, 2004).

Se sabe que en gran medida la distribución de las especies y las comunidades está relacionada con las condiciones climáticas en las que se establecen (MacArthur 1972; Gray 2005) y que el clima es un factor que controla patrones globales de la estructura y productividad de la vegetación así como la composición de especies de plantas y animales (Gitay *et al.*, 2002). Sin embargo los cambios en las condiciones climáticas se dan a una tasa que no se ha experimentado en el pasado por lo que probablemente las especies no tendrán tiempo de adaptarse, sobretodo en el caso de aquellas que presentan ciclos de vida prolongados como los árboles (Root *et al.*, 2003; Thomas *et al.*, 2004).

Ante la incertidumbre de cual será el efecto de los cambios en el clima, es importante hacer predicciones de cómo los cambios pueden afectar a las comunidades (Midgley *et al.*, 2002) lo que representa un reto para la investigación (Gitay *et al.*, 2002)

Particularmente para el caso de México, esto adquiere relevancia debido a que una de las características distintivas del país es su gran diversidad biológica cuyo origen puede ser explicado por varios factores como su posición latitudinal, su compleja historia geológica, el relieve heterogéneo, la presencia de grandes cadenas montañosas, ubicación entre dos océanos, punto de encuentro de dos grandes regiones biogeográficas, entre otras razones (CONABIO 2006). Esta gran diversidad ha sido reconocida a nivel mundial, lo que ha colocado al territorio nacional como uno de los países de megadiversidad (Mittermeier y Mittermeier 1992; Sarukhán y Dirzo 2001). El territorio mexicano es una de las pocas regiones a nivel planetario, en la cual pueden encontrarse prácticamente todos los ecosistemas, desde las selvas húmedas a los matorrales xerófilos, los bosques templados y las praderas de alta montaña (Rzedowski 1991). En conjunto, la flora de México, distribuida a lo largo del territorio, alberga alrededor del 10% de la diversidad de plantas del planeta.

Las comunidades que se encuentran en el país están compuestas por especies que por lo tanto, se han adaptado a determinadas condiciones ambientales y particularmente a las climáticas. Esta relación entre el tipo de vegetación y las condiciones climáticas es ampliamente reconocida, en donde es posible asociar a un cierto tipo de comunidad vegetal con un tipo de clima en particular, por ejemplo bosques de coníferas, se asocian con climas templados o semifríos; bosques de encinos a climas templados húmedos o subhúmedos; selvas perennifolias a climas cálido húmedos (Villers y Trejo 2001).

Si las condiciones climáticas cambian en los próximos años ¿Cuál será la magnitud y dirección de los cambios?, ¿Cuáles serán las comunidades vegetales más afectadas?, ¿en qué áreas se darán los cambios?. Explorar las respuestas a estos cuestionamientos son los objetivos de este trabajo.

METODOS

Generación de mapas base de variables climáticas

Para obtener el mapa base de las condiciones climáticas, se utilizó el período comprendido entre 1961 a 1990. Se analizaron 2795 estaciones distribuidas en todo el

territorio del país. Para cada estación se obtuvo la precipitación y la temperatura promedio para el período de análisis. La información de las estaciones se convirtió a una base de datos compatible con un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS).

Para poder tener una representación espacial de las variables contenida en la base de datos se generó una malla con una resolución de $\approx 10 \text{ km}^2$, y a cada cuadro se le asignó un valor generado por medio de una interpolación calculada con el método de kriging. Se generaron los mapas de temperatura y precipitación de cada uno de los meses del año para con ellos obtener el tipo de clima de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988).

Modelos Climáticos y Escenarios de Emisiones

Los modelos climáticos utilizados fueron el **GFDL** (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) propuesto por la NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration), de los Estados Unidos y el **HADLEY** producido por el Reino Unido. Los modelos se aplican ante dos escenarios socioeconómicos de emisiones: **A2** (Mundo heterogéneo. Conservación de identidades locales, aumento continuo en la población, crecimiento económico y avances tecnológicos fragmentados, dependen de la región considerada) y **B2** (Énfasis en soluciones locales o en regiones específicas a problemas económicos y medioambientales; rápido crecimiento poblacional, pero menor que A2; menor cambio tecnológico que en los escenarios B1 y A1). Se reconoce su efecto para dos posibles horizontes: 2020 y el 2050.

Cambios en el clima

Se aplicaron a la base de datos de cada cuadro de la malla los cambios propuestos por los modelos de cambio climático GFDL a2 y Hadley b2, para los años 2020 y 2050. Se registró el cambio cuando el tipo de clima obtenido para el período analizado se modifica en su clasificación al aplicar el modelo. Adicionalmente se consignó la dirección del cambio, es decir, por ejemplo cambiar de un clima templado húmedo a uno semicálido subhúmedo, significa pasar a una condición más cálida y más seca, por

lo tanto se obtuvo la superficie que experimenta un cambio en el tipo de clima y la dirección en la que este se modifica.

Cobertura vegetal actual

Se utilizó la cartográfica de los tipos de vegetación producida por el INEGI para el año 2002, en donde se consigna la distribución de las comunidades vegetales, así como su estado de conservación (primaria y secundaria), para reconocer cuales serán las áreas afectadas por el cambio, bajo el supuesto de que cada tipo de vegetación se relaciona con un determinado tipo climático y al cambiar el clima la vegetación ubicada en esas áreas se verá afectada.

Los mapas de clima modificado para cada uno de los modelos, escenarios y horizontes de tiempo, se superpusieron al mapa de cobertura vegetal actual para reconocer las zonas que serán afectados de acuerdo a cada modelo.

RESULTADOS

Cambios en el clima

La aplicación de los modelos muestra que el clima se verá modificado para los años 2020 y 2050. En promedio para el 2020 se proyecta un incremento promedio de temperatura para el país que va entre 0.6 y 1.0°C y para el 2050 entre 1.5 y 2.3°C. Para el caso de la precipitación, se observa una tendencia a una disminución en la lluvia en el modelo Hadley y un incremento para el caso del GFDL, aún cuando es necesario aclarar que los cambios son diferenciales en las diferentes zonas del país.

En general, en casi todos los modelos se observa una tendencia a la disminución en los climas semifríos y templados y un incremento en los climas cálidos.

Para el 2020 el GFDL proyecta que el 20% de la superficie del país cambiará el tipo de clima que mantiene actualmente, de la cual cerca del 36% de los cambios serán hacia climas más secos, en contraste de acuerdo al Hadley, alrededor del 43% del país

experimentará cambio en las condiciones climáticas, con un 56% de los cambios dirigidos a el dominio de climas más cálidos que los actuales (Tabla 1).

Para el 2050 el cambio en el clima se proyecta para el 46% del país según el GFDL-a2, hasta cerca del 60% de acuerdo al Hadley-b2. En el primer caso el 45% de los cambios se concentra hacia climas más secos y en el segundo gran parte del cambio será hacia más seco pero también hacia más seco y más cálido (Tabla 1, Figura 1).

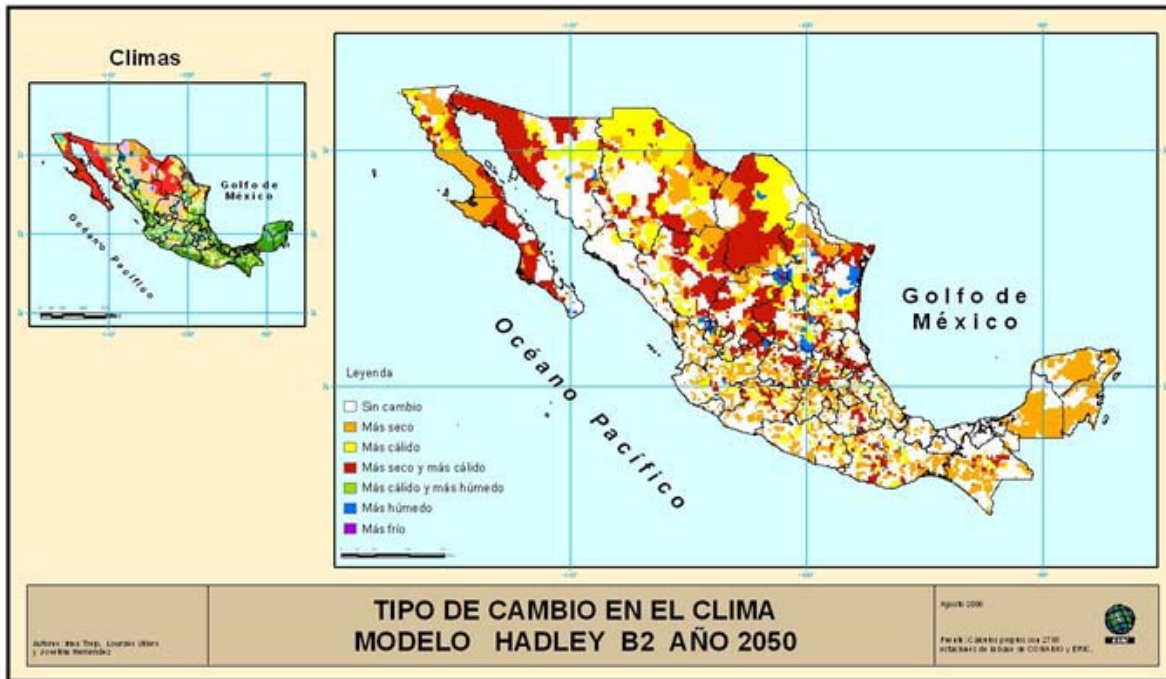
Tabla 1. Superficie del país con cambio en el clima y tendencia del cambio de acuerdo a cada uno de los modelos y escenarios analizados

modelo	más seco			más calido		más seco y cálido		más húmedo	
	% del país	% del país	% relativo del cambio	% del país	% relativo del cambio	% del país	% relativo del cambio	% del país	% relativo del cambio
Gfdl a2-2020	19.9	7.2	36.1	5.8	29.3	3.7	18.5	3.2	16.0
Hadley a2-2020	43.0	6.3	14.8	24.7	57.5	6.6	15.3	5.2	12.2
Gfdl a2-2050	48.3	21.5	44.6	18.9	39.1	3.6	7.5	3.3	6.9
Hadley a2-2050	57.3	16.3	28.4	19.0	33.2	18.0	31.5	2.8	4.9
Gfdl b2-2050	46.2	13.3	28.9	17.7	38.4	10.9	23.6	4.0	8.8
Hadley b2-2050	58.8	21.7	37.0	14.7	25.0	21.0	35.7	1.4	2.3

Vegetación Afectada

Los cambios que proyectan los modelos climáticos ante diferentes escenarios tendrán efectos sobre las comunidades vegetales que se establecen en México, ya que se verán sometidas a incrementos en la temperatura y cambios en la cantidad de lluvia disponible, aunado a las modificaciones en la relación de estas dos variables, lo cual supone diferentes tasas de evapotranspiración, posibles cambios en los patrones de lluvia, intensidad de tormentas, que no son detectables en los modelos.

Figura 1. Tendencias en el tipo de cambio en el clima, producto de la aplicación del Modelo Hadley con el escenario B2. Los colores indican las zonas que presentan cambio y la tendencia del mismo.



La tabla 2 muestra cual es la magnitud de la afectación de acuerdo a cada modelo aplicado. Para el 2020 el 21% de la cobertura vegetal del país enfrentará cambios en las condiciones climáticas con respecto a las que presenta en el período base, de esta superficie cerca del 25% está representada por comunidades en algún grado de perturbación en sus características estructurales. Los tipos de vegetación más vulnerables serán los pastizales, los matorrales xerófilos y los bosques de encino.

El Hadley incrementa la superficie afectada en el 2020, ya que se considera que cerca del 48% de la cobertura vegetal está en áreas que experimentarán cambios en el clima. Casi el 70% del matorral xerófilo y el 36% de los bosques de pino y encino cambiarán las condiciones actuales.

Para el 2050 la superficie se incrementa drásticamente ya que entre el 53 y el 64% de las comunidades vegetales estarán expuestas a condiciones climáticas distintas

a las que prevalecen actualmente. En la tabla 2 se puede observar con detalle cual es la proporción de cada uno de los tipos de vegetación que se verá mas afectado.

Tabla 2. Tipos de vegetación afectada por el cambio climático, de acuerdo a cada uno de los modelos aplicados en el estudio. Se presenta el porcentaje de la superficie afectada para cada tipo de vegetación en el país.

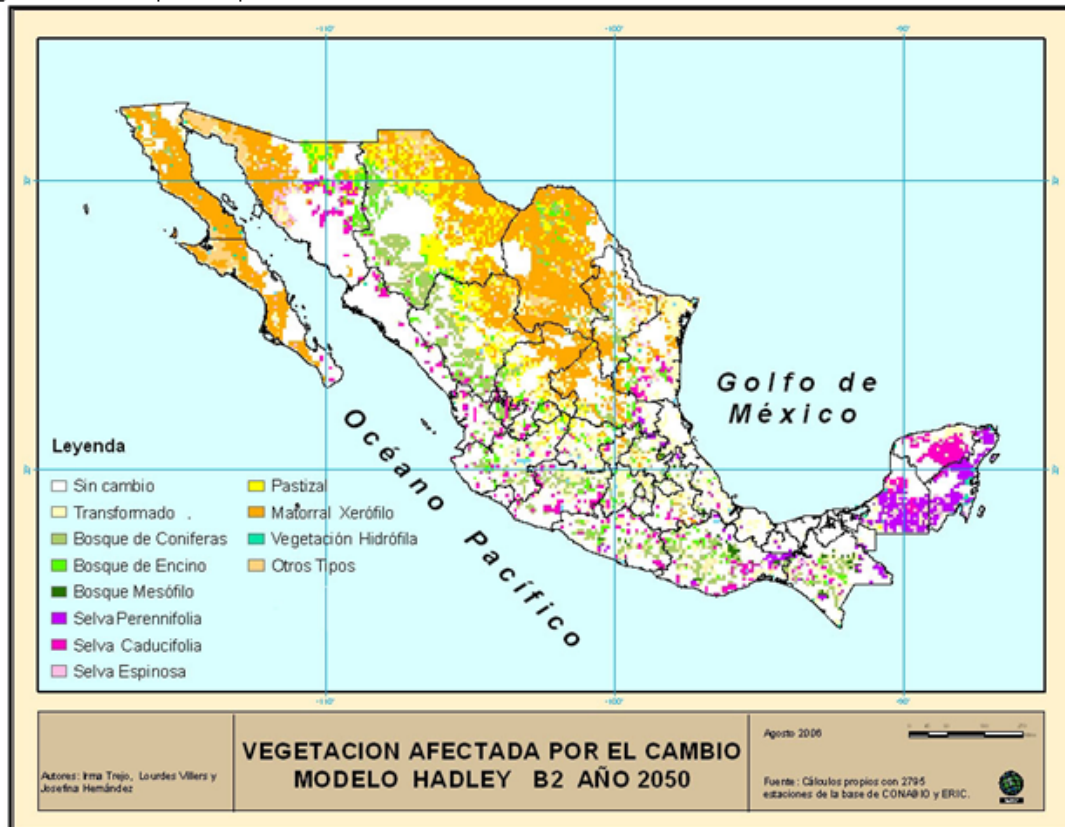
Modelo		Gfdl a2 2020	Hadley a2 2020	Gfdl a2 2050	Hadley a2 2050	Gfdl b2 2050
Vegetación Afectada (%) del total de la cobertura al 2002)	del total	21.0	47.7	52.9	63.8	51.4
	Bosque de coníferas	20.1	35.8	42.9	59.4	41.3
	Bosque de encinos	21.5	36.0	45.5	59.9	41.8
	Bosque mesófilo	11.2	21.3	27.8	37.9	26.0
	Selva perennifolia	12.3	11.1	13.1	32.3	9.7
	Selva subcaducifolia	9.2	16.7	9.0	42.1	7.4
	Selva caducifolia	14.3	22.7	25.8	38.8	21.3
	Selva espinosa	16.5	53.0	36.6	71.9	35.5
	Pastizal	33.9	60.4	75.8	75.6	74.1
	Matorral xerófilo	22.6	69.0	73.4	79.5	73.4
	Vegetación hidrófila	8.4	10.1	10.7	15.2	10.1
Otras coberturas (%)	Transformado	16.8	29.3	37.7	46.1	32.1
	Urbano	12.7	34.1	37.3	54.0	46.4

Prácticamente cerca del 76% de los pastizales y alrededor del 80% los matorrales xerófilos se verán afectados de acuerdo al modelo Hadley-A2, que en general presenta el panorama de mayor cambio para el país, en donde también se observa que casi el 60% de los bosques de coníferas y latifoliadas estarán en condiciones distintas a las actuales. De acuerdo a los resultados obtenidos, estos tipos de vegetación enfrentarán condiciones de mayor temperatura y menor precipitación. Es en este modelo en donde también las selvas perennifolias, las caducifolias y más intensamente las espinosas estarán expuestas a los cambios.

En la figura 1 se observa la dirección de los cambios que proyecta el Hadley y la distribución espacial de las modificaciones a las condiciones térmicas y de disponibilidad de humedad que se podrían experimentar. En general la tendencia marca

mayores incrementos de temperatura hacia el norte del país, en donde se reportan incrementos mayores a los 3°C en el promedio anual de las temperaturas.

Figura 2. Mapa de localización de las áreas de vegetación afectadas por el cambio climático de acuerdo al Hadley-B2. Las zonas iluminadas representan las áreas con cambio en el clima y el tipo de vegetación en que se presenta.



Como ejemplo se muestra la figura 2 en la que se observa en blanco las áreas que permanecerán con las mismas condiciones de clima, es decir los incrementos de temperatura y patrón de lluvias no son suficientes para modificar el tipo de clima, en contraste todas las zonas iluminadas representan la superficie del país que se clasificará con un tipo distinto de clima al que se obtiene con los datos considerados como base (1961-1990). Los colores representan a las diferentes comunidades vegetales que se verán afectadas. Como puede verse una gran proporción del norte del país que contiene matorral xerófilo se vera transformado en sus condiciones climáticas. Todas las partes altas representadas por las sierras que recorren todo el territorio nacional y que están habitadas por bosques, se verán modificadas por una disminución

considerable de los climas templados y semifríos. Incluso en el sureste del país resalta el efecto del cambio sobre zonas cubiertas actualmente por selvas, que experimentarán un cambio a condiciones más secas, como puede verse en la figura 1.

DISCUSION

Vegetación Afectada

Con la información obtenida al aplicar los modelos de cambio climático y bajo los escenarios de emisiones se puede concluir que las comunidades vegetales sufrirán un impacto considerable, en donde queda de manifiesto que el tiempo disponible para adaptarse a las modificaciones que se predicen en las condiciones climáticas no será suficiente para que pudieran darse procesos de migración como los que se sucedieron en el pasado y que han conformado la configuración de las comunidades y las adaptaciones de las especies que las integran (Gitay *et al*, 2003; Root *et al.*, 2003; Gray 2005; Parmesan 2006).

Cabe hacer énfasis en que aún cuando se podría argumentar que la distribución de las diversas comunidades que se establecen en México abarcan un gran ámbito de condiciones ambientales, las especies que conforman a cada una de ellas en muchas ocasiones presentan ámbitos de distribución más o menos restringida, lo cual en gran parte está relacionada con sus niveles de tolerancia a las características de los parámetros físicos del ambiente en el que se han desarrollado. Tal como se mencionó anteriormente por ejemplo si se menciona genéricamente bosque de coníferas, podría pensarse que la distribución de este tipo de bosque abarcaría un ámbito de condiciones climáticas que iría de clima semifrío a climas templado, sin embargo si se analiza con detalle la composición florística de los bosques incluidos en esta categoría, se podrá observar que las especies que los componen tiene preferencias distintas y áreas de distribución particulares. Lo que si es coincidente es que a nivel mundial, se prevé un alto impacto en las zonas montañosas donde habitan los bosques adaptados a condiciones menos cálidas y en donde además se establecen especies de distribución restringida (Beniston 2003).

Otro ejemplo es la categoría de selvas caducifolias, en donde es posible encontrar cambios no solamente en la composición florística en todo el ámbito de distribución a lo largo del país, en donde resalta que menos del 30% de las especies que conforman a estas selvas tienen distribuciones más o menos amplias, pero además se expresan en diferencias estructurales dentro de estas comunidades (Trejo y Dirzo 2002), pro lo cual aún cuando se considerara factible la migración como una posibilidad de adaptación, se tendría que considerar este otro aspecto.

El Cambio Climático y el Deterioro de los Ecosistemas

Todo lo anterior resalta el hecho, de que ante el impacto que producirá en poco tiempo el cambio climático, las comunidades vegetales del país son altamente vulnerables. Sin embargo no solamente ésta es la amenaza más palpable, sino el deterioro al que están siendo sometidas por la presión ejercida ante las actividades humanas, tales como el cambio de uso del suelo propiciado por la introducción y expansión de la ganadería, transformación a pastizales y tierras cultivadas, los incendios forestales, la expansión urbana entre otras.

En la tabla 3 se muestra que adicionalmente al cambio climático, el impacto se dará en las áreas remanentes de vegetación que para el año 2020 y el 2050 permanezcan en pie, de continuar con las actuales tasas de deforestación.

Las tasas de deforestación aplicadas en esta proyección son moderadas y surgen del comportamiento nacional entre 1993 y 2002, y muestra una tendencia nacional, sin embargo sería necesario aplicarlo a niveles locales, en donde en algunas regiones del país los panoramas serían muy distintos a los que se detectan a nivel nacional (Trejo y Hernández-Lozano 2005).

Aún con esta proyección, se observa que alrededor del 30% de todas las selvas (perennifolias a caducifolias), se perderán para el 2050, por lo que si se suma esta presión a el impacto del cambio climático se entiende claramente la necesidad de tomar medidas que vayan encaminadas a la mitigación. Aún sería necesario considerar otro aspecto, que es el relacionado no solo con la pérdida de la cobertura vegetal, sino también con la integridad de los ecosistemas, es decir, al cálculo que se hace del impacto sobre las comunidades es necesario agregar las modificaciones que se

presentan en la estructura y composición de las comunidades promovidas por el uso y abuso sobre ellas, que se puede traducir en procesos como la fragmentación, pérdida en la capacidad de regeneración, dispersión, pérdida de especies clave, cambio en la abundancia de las especies, introducción de plantas invasoras, susceptibilidad a las plagas, etc. (Hughes 2000; Enquist 2002; Beniston 2003; Logan *et al.*, 2003; Frieder *et al.*, 2006; Parmesan 2006).

Tabla 3. Superficie remanente para cada tipo de vegetación en México para el año 2002, promedio de tasas de pérdida y la proyección de superficie remanente para los años 2020 y 2050.

Tipo de vegetación	Superficie en 2002 (% del país)	tasa de pérdida (% anual)*	Superficie en 2020 (% del país)	Pérdida relativa al 2002 (%)	Superficie en 2050 (% del país)	Pérdida relativa al 2002 (%)
Bosque de coníferas	8.5	0.4	7.9	6.5	7.1	16.4
Bosque de encinos	7.9	0.3	7.4	5.9	6.7	14.9
Bosque mesófilo	0.9	0.6	0.8	9.9	0.7	24.3
Selva perennifolia	4.8	0.8	4.2	12.7	3.3	30.5
Selva subcaducifolia	2.2	0.8	1.9	13.9	1.5	32.9
Selva caducifolia	7.9	0.9	6.8	14.4	5.2	34.0
Selva espinosa	1.1	0.9	0.9	15.0	0.7	35.2
Pastizal	6.3	0.3	6.0	5.2	5.5	13.2
Matorral xerófilo	29.9	0.2	28.8	3.9	26.9	10.0
Vegetación hidrófila	1.3	0.5	1.2	9.1	1.0	22.5

* promedio para el país, calculada con el comportamiento entre 1993 y 2002

Medidas para mitigación

Ante este panorama es importante generar serias reflexiones sobre las medidas a considerar para mantener y recuperar los ecosistemas, que al mismo tiempo pueden ser una fuente importante para revertir los impactos del cambio climático.

Ante la pregunta de **cómo afectaría en los bosques de su comunidad si el clima cambia**, realizada en diferentes agentes y sectores de la sociedad, las respuestas coincidieron en que se provocaría un desequilibrio ecológico y pérdida de

hábitats. La vegetación sería más vulnerable frente a sequías, plagas e incendios afectando también a la fauna de diversos ecosistemas que contribuye a los ciclos reproductores de las plantas como son los polinizadores o dispersores de diásporas vegetales. La pérdida de los bosques alteraría al ciclo hidrológico. Igualmente cambios en la temperatura podría incrementar las plagas en los bosques. En ciertas áreas existiría mayor riesgo a incendios e inundaciones. Finalmente se reducirían los servicios ambientales que proporcionan estos sistemas naturales a de los cuales depende la región.

En las encuestas se propone promover programas de educación ambiental y estímulos y promoción de la participación ciudadana dirigidos a la conservación de los bosques, acciones de reforestación y promoción de áreas verdes, así como el uso eficiente del agua. Elaboración de mapas de vulnerabilidad y riesgo a nivel local o municipal. Proponer medidas de protección de ecosistemas frágiles como manglares, vegetación en playas y dunas costeras. Proponer un sistema de prevención a incendios. Incrementar el cuidado de los bosques. Hacer programas de difusión, planeación y control. Capacitar sobre estrategias que reduzcan impactos, así como reforestar áreas degradadas. Implementar apoyos a los sectores del medio ambiente y realizar trabajo coordinado entre entidades federativas. Realizar foros de análisis con todos los actores de la sociedad. Hacer diagnóstico de la vulnerabilidad regional y proponer un plan de prevención con coparticipación de secretarías federales involucradas.

El realizar análisis en donde se utilizan modelos que muestren cuáles y donde podrían ser los impactos del cambio climático global, aún cuando involucran una incertidumbre, pueden ser herramientas muy útiles que contribuyan a tomar medidas y proponer acciones que mitiguen los efectos que se prevé afectarán a los ecosistemas y por consiguiente tendrían consecuencias en los diferentes aspectos de la vida en el planeta, así como a nivel social, económico y político.

BIBLIOGRAFIA

- Balmford, A. P. Crane, A. Dobson, R. Green and G. Mace. 2005. The 2010 challenge: data availability, information needs and extraterrestrial insights *Phil. Trans. R. Soc. B.*: 1-8
- Beniston, M. 2003. Climatic Change in Mountain Regions: a Review of Possible Impacts. *Climatic Change* 59: 5-31

- CONABIO. 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Enquist C. A. F. 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29: 519–534
- Frieder S., J. LeBlanc, G. Biging, C. Simon, Das, K Waring, J. K. Gilles. 2006. *Climate Change Impact on Forest Resources*. A Report From: California Climate Change Center
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Offset Larios, 4a.Ed. México. 220 pp.
- Gitay, H., A. Suarez, R.T. Watson. D.J. Dokken (eds). 2002. *Climate Change and Biodiversity*. IPCC Technical Paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Gray, P. A. 2005. Impacts of climate change on diversity in forested ecosystems: Some examples. *The Forestry Chronicle*. 81(5) :655-661.
- Hughes L. 2000. Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent? *Trends Ecol. Evol.* 15:56–61
- IPCC. 2001. *Cambio Climático 2001: La base científica, Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer informe de evaluación del IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE.UU.
- Logan JA, Regniere J, Powell JA. 2003. Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Front. Ecol. Environ.* 1:130–37
- MacArthur RM. 1972. *Geographical Ecology*. New York: Harper & Row
- Midgley G.F., L. Hannah, D. Millar, M.C. Rutherford and L.W. Powrie. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology & Biogeography* 11: 445–451
- Mittermeier, R.A. y C. Mittermeier. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 63-73.
- O’rourke, E. 2006. Biodiversity and land use change on the Causse Méjan, France. *Biodiversity and Conservation* 15: 2611–262
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37:637–669
- Sarukhán, J. and R. Dirzo. 2001. Biodiversity-Rich countries. In: Simon A. Levin (ed.) *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press. San Diego.
- Root, T.L. J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig and J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *NATURE* . 421 57-60
- Thomas, C., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. N. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M.A. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O. L. Phillips & S. E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *NATURE*. 427: 145-149.
- Trejo I. y J. Hernández Lozano (2005) I.9 VEGETACION Y USO DE SUELO, *Informe Técnico del proyecto: Diagnóstico Funcional del Territorio Nacional*, SEDESOL-IGG UNAM, pp. 100-109.

- Trejo, I. and R. Dirzo. 2002. Floristic Diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 11:2063-2084.
- Villers, L. y I. Trejo. 2001. "El cambio climático y la vegetación en México". En: "México: una visión en el siglo XXI. El cambio climático en México". PUMA-INE