

1 EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS COMUNIDADES VEGETALES  
2 EN MÉXICO.

3 **Irma Trejo<sup>1</sup>, Josefina Hernández-Lozano<sup>1</sup>, Lourdes Villers<sup>2</sup>, Cecilia Conde<sup>2</sup>,**  
4 **Oscar Sánchez<sup>2</sup> y Carlos Gay<sup>2</sup>**

5

6 INTRODUCCIÓN

7 Una de las mayores preocupaciones actuales a nivel mundial es la evidencia de la  
8 pérdida de la biodiversidad, con tasas de extinción de especies de órdenes de  
9 magnitud no documentados anteriormente, excepto en los aislados casos de  
10 extinción catastrófica masiva (Balmford *et al.* 2005; Millennium Ecosystem  
11 Assessment 2005). Es reconocido el hecho de que las extinciones  
12 contemporáneas están relacionadas a las actividades humanas que han  
13 desplazado los sistemas naturales y los han transformado en campos de cultivo,  
14 zonas ganaderas, urbanas, industriales, etc. (O'rourke 2006). Estos cambios en el  
15 uso del suelo han tenido como consecuencia la contaminación del agua, la  
16 degradación de suelos, la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de  
17 especies y, sobre todo, la extinción local o global de especies y poblaciones (Gitay  
18 *et al.* 2002).

19 En los últimos 40 años se han hecho en el mundo las transformaciones más  
20 impactantes en cuanto a cambio de uso del suelo en comparación a las que se  
21 observaron en los siglos XVIII y XIX(Millennium Ecosystem Assessment 2005).  
22 Los cambios mencionados anteriormente han tenido efecto sobre la composición

de la atmósfera, provocando un incremento de la temperatura de la tierra, particularmente notable en los últimos 100 años, que se reconoce como calentamiento global (IPCC 2001). Debido a la rapidez con la cual se presentan estos cambios, se espera que tengan diferentes efectos en los ecosistemas (Gray 2005), tales como alteraciones en la distribución y abundancia de las especies (Hughes 2000), la desaparición directa de algunas especies y poblaciones (Thomas *et al.*, 2004), cambios en la “resiliencia” de los ecosistemas, así como el agotamiento paulatino o rápido y la desaparición de los servicios que éstos ofrecen.

Es reconocido que en gran medida la distribución de las especies y las comunidades está relacionada con las condiciones climáticas en las que se establecen (Gray 2005; MacArthur 1972) 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, debido a que los cambios en las condiciones climáticas se dan a una tasa que no se ha experimentado en el pasado, el impacto que se podría generar podría no ser compatible con la capacidad de migración de especies, ecosistemas o biomas como unidades discretas, como probablemente ocurrió en eventos previos de cambio climático. Es decir, la evidencia disponible sugiere que las especies animales o vegetales no podrán adaptarse o trasladarse a zonas más adecuadas para su existencia ya que el hábitat se está reduciendo o perdiendo por las actividades humanas. Probablemente las especies no tendrán tiempo de adaptarse, sobre todo en el caso de aquellas que presentan ciclos de vida

prolongados como algunos árboles (Root *et al.* 2003; Thomas *et al.* 2004). Por lo anterior, lo más factible que ocurra será la modificación en la composición y probable predominio de algunas especies. Sin embargo, estos cambios se darían en el transcurso de varios decenios o cientos de años (IPCC 2001).

Otro punto importante, tal como se menciona anteriormente, es el impacto producido por la pérdida del hábitat. De acuerdo a la (FAO 2005), desde los años 80s los cálculos para la deforestación para México han sido relativamente conservadores, con un ámbito de entre 350 y 650 mil hectáreas por año. Este organismo internacional documentó una deforestación de 314 mil hectáreas anuales de 2000 a 2005, mientras que un estudio independiente, basado en la mejor información disponible e incorporando análisis cuidadosos (Masera *et al.* 1997) estima tasas anuales de entre 650 mil y 800 mil ha, por lo que esta pérdida combinada con las modificaciones en las variables climáticas, deben ser consideradas para evaluar el impacto sobre la vegetación en el futuro próximo.

## **Escenarios climáticos**

Los escenarios de cambio climático son una descripción coherente, internamente consistente y plausible del clima futuro, que tienen que seguir ciertas suposiciones sobre el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Según el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC y TGCIA 1999), la elaboración de escenarios de cambio climático es similar a la generación de una serie de imágenes de cómo se podría ver el mundo en el futuro (Gay *et al.* 2006b). Un escenario climático no es un pronóstico, ya que cada

escenario genera una visión alternativa de cómo se puede comportar el clima futuro, dada una serie de supuestos específicos. Los modelos o métodos seleccionados para evaluar los posibles impactos futuros deben simular las condiciones actuales en los sectores seleccionados cuando se utiliza el escenario o línea base climática. Esta validación de los resultados esperados es fundamental. Cualquier método empleado para evaluación de los posibles impactos futuros por sector, debe primero reproducir las condiciones actuales de los sectores estudiados.

Sin embargo, estos escenarios pueden incluir cierto rango de incertidumbre y en el caso de los escenarios de cambio climático, las principales fuentes de incertidumbre son: i) las emisiones futuras; ii) los resultados, debido a la variabilidad natural futura, iii) las asociadas a los modelos climáticos empleados para generar esos escenarios. Cuando se espera emplear los posibles impactos futuros para la toma de decisiones, los planteamientos de las fuentes de incertidumbres toman relevancia.

La selección y la aplicación de las líneas base y de los escenarios de cambio climático ocupan un papel central en la mayoría de los marcos metodológicos aplicables a los estudios de cambio climático y de adaptación (Feenstra *et al.* 1998; Gay 2000; IPCC 1994; Smith *et al.* 1996). Adicionalmente es necesario considerar los escenarios socioeconómicos futuros que son aplicables para el caso de México, ya que estos son el primer paso para la evaluación de los efectos del cambio climático global. Según lo propuesto por el Tercer Reporte de Evaluación (IPCC 2001), es necesario utilizar estos escenarios socioeconómicos

para proyectar las emisiones de gases de efecto invernadero futuras, con lo que se tendrían las concentraciones de estos gases en el futuro, a partir de lo cual los modelos de circulación general pueden estimar los cambios en la temperatura global y el aumento del nivel del mar.

Otra fuente de incertidumbre en cuanto al clima futuro está asociada a la variabilidad natural interna del sistema climático proyectado. El clima variará año con año y de década en década, como en la actualidad, debido a la naturaleza caótica del sistema climático. Para considerar esta fuente de incertidumbre se utilizan condiciones climáticas promedio de períodos de 30 años (2011 a 2040, 2041 a 2050, 2070 a 2100), usualmente llamados escenarios al 2020, 2050 y 2080. Esto permite trabajar con medias de treinta años para ser consistentes con las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial reduciendo los efectos de la variabilidad natural esperada.

Por otra parte, para el caso de un estudio regional, es importante tener una validación de los Modelos de Circulación General (MCG) que se van a utilizar, en la que se comparen los datos climáticos observados con los que proporciona la simulación generada con el modelo seleccionado. En el caso de México, este ejercicio fue realizado durante el Estudio de País (Conde *et al.* 2006) con los modelos GFDL (US Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) (Manabe *et al.* 1991) y el modelo CCC (Canadian Climate Centre) (Boer *et al.* 1992). Se observó que el escenario que mejor reproducía el clima de las regiones bajo estudio (comparando con el promedio de 1951–1989) era el GFDL.

Adicionalmente, de acuerdo a un análisis realizado con diferentes MCG para evaluar el impacto en el sector agrícola (Conde *et al.* 2006), se encontró que existe alguna semejanza entre los escenarios de impactos correspondientes a los modelos como el ECHAM y Hadley, lo que sugiere que, para la evaluación en las comunidades vegetales, dada la resolución de la malla empleada, resulta más práctico solamente usar uno de ellos. En este caso Hadley que es el que proporciona la mayor oportunidad de contrastar los resultados con trabajos realizados en países del continente americano.

### **Las comunidades vegetales y el clima**

En este estudio, se parte del supuesto de que las comunidades vegetales tienen una relación con las condiciones climáticas en las que se establecen. Cada una de estas comunidades se asocia a ciertas condiciones climáticas; así las selvas perennifolias se asocian a climas cálidos húmedos, las selvas caducifolias y subcaducifolias a climas cálidos pero subhúmedos, los bosques de coníferas a climas semifríos y templados preferentemente húmedos o subhúmedos, los bosques de encino a los climas templados subhúmedos o semiáridos y los bosques mesófilos a regiones semicálidas pero húmedas o muy húmedas. Las selvas espinosas se asocian a climas secos cálidos, los pastizales a condiciones semiáridas templadas y los matorrales xerófilos a climas áridos, desde templados a cálidos, dependiendo de la comunidad y de las especies que las componen.

Ante los supuestos anteriores, lo que se planteó en el presente estudio, fue analizar la magnitud del cambio en el clima, particularmente en México, de acuerdo a algunos modelos climáticos, para así reconocer las áreas de

137 distribución de la vegetación actual que se verán expuestas a condiciones  
138 climáticas distintas a las que se observaban en el período considerado como base  
139 (1961-1990) y hacer proyecciones de los posibles cambios en la distribución de las  
140 comunidades vegetales.

141

## 142 MÉTODOS

### 143 **Mapa base de condiciones climáticas**

144 La información acerca del estado actual o de las condiciones recientes del tema y  
145 región estudiados proporciona el marco de referencia o línea base con respecto a  
146 la cual se evalúan los impactos que se tendrían ante los cambios en el clima. Para  
147 generar el mapa base de las condiciones climáticas, se utilizó el período  
148 comprendido entre 1961 a 1990. Se analizaron 2795 estaciones distribuidas en  
149 todo el territorio del país. Se utilizaron estaciones de La Comisión Nacional del  
150 Agua y de la Comisión Federal de Electricidad, que se encuentran en la base de  
151 datos ERIC (Extractor Rápido de Información Climática) y se complementó con  
152 datos resguardados en CONABIO. Para cada estación se obtuvo la precipitación  
153 y la temperatura promedio para el período de análisis. La información de las  
154 estaciones se convirtió a una base de datos compatible con un Sistema de  
155 Información Geográfica (ArcGIS).

156       Para obtener una representación espacial de las variables contenida en la  
157 base de datos se generó una malla con una resolución de  $\approx 10 \text{ km}^2$ , y a cada  
158 cuadro se le asignó un valor generado por medio de una interpolación calculada

con el método de Kriging (Tatalovich *et al.* 2006). 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).

### **Escenarios de cambio climático**

En este trabajo se utilizaron dos escenarios de emisiones, basándose en las sugerencias de expertos en economía involucrados en proyectos similares (Gay *et al.* 2006a), así como los escenarios A2 y B2 que fueron construidos por el IPCC (Nakicenovic *et al.* 2000) que son, en un sentido más amplio, escenarios del estado y crecimiento de la población y la economía mundial (Tol 1998). Estos escenarios consideran las posibles condiciones del desarrollo global para los próximos 100 años, por lo que se utilizaron los dos períodos de tiempo señalados arriba como 2020 y 2050.

Para la generación del escenario de emisiones A2, se considera un mundo heterogéneo, en donde se conservan las identidades locales, con un aumento continuo en la población, y con crecimiento económico y avances tecnológicos fragmentados. El escenario B2 supone que se hará énfasis en soluciones locales o en regiones específicas a problemas económicos y medioambientales y plantea un rápido crecimiento poblacional, pero en menor medida que el A2. En este escenario se supone un menor cambio tecnológico que en los escenarios B1 y A1.



Los MCG utilizados a los cuales se les asoció los escenarios de emisiones fueron el GFDL-R15 (US Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) y el HadCM (elaborado por el Hadley Center UK) (Gay *et al.* 2006a)

### **Mapas de clima bajo condiciones de cambio**

Se aplicaron los incrementos en temperatura y las proporciones de lluvia propuestos por los MCG utilizados (Hadley y GFDL-R15) para los años 2020 y 2050. Con esta información se generaron los mapas de lluvia, temperatura y clima resultantes de los cambios para cada modelo.

Para cada modelo aplicado se calculó el clima, y se representó espacialmente tanto el área de cambio como la dirección del mismo. Es decir, se detectó si las variables utilizadas (temperatura y precipitación), experimentan cambios que conlleven un cambio en el tipo de clima que se presenta en cada celda, por ejemplo el paso de un clima cálido húmedo a un clima cálido subhúmedo. Se analizó también el tipo de cambio que se presenta en cada celda, de acuerdo a la clasificación utilizada, y se clasificó el tipo de cambio hacia una condición más seca, o más húmeda, y por niveles de incremento en la temperatura.

### **Proyecciones de cambio en las comunidades vegetales**

Bajo el supuesto de que se puede establecer una relación general entre el tipo de vegetación y el clima en el que se establece, se realizó una tabla de equivalencia en la que se asocia a los tipos de vegetación con sus preferencias climáticas de

establecimiento. Con esta información se construyó un mapa de vegetación “actual”, al asignarle al tipo climático la comunidad vegetal que le corresponde.

Para observar el posible cambio en la distribución de las comunidades vegetales ante el cambio climático, se utilizaron los mapas obtenidos de la aplicación de los escenarios seleccionados y se llevó a cabo el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

### **Efecto del cambio climático en las comunidades vegetales**

Como se da por hecho que la migración y por lo tanto la redistribución de las comunidades es poco probable que ocurra dentro de los períodos de tiempo analizados, se utilizó la cartografía de los tipos de vegetación producida por el INEGI para el año 2002, en donde se consigna la distribución de las comunidades vegetales, para reconocer cuáles serán las áreas cubiertas por vegetación que serán afectadas por el cambio.

Lo anterior supone que un cambio en el clima actual tendrá un efecto sobre las comunidades en las que se produzcan modificaciones en las condiciones climáticas actuales. Para ubicar las áreas y los tipos de vegetación afectados por el cambio de acuerdo a cada escenario, se superpusieron al mapa de cobertura vegetal en el 2002, con los mapas de clima modificado para el 2020 y el 2050.

### **Estimación de la pérdida de la vegetación**

Para evaluar el efecto de la pérdida del hábitat, se consideraron las tasas de deforestación calculadas entre 1993 y 2002 por tipo de vegetación estimadas por (Trejo y Hernández Lozano 2005), y se hizo una proyección de la pérdida relativa

al 2002, por tipo de comunidad vegetal, para los años 2020 y 2050, con el fin de que esta disminución en la superficie, causada por el cambio en el uso del suelo, se considere como otro elemento que es a su vez efecto y causa del cambio climático.

## RESULTADOS

Los resultados se muestran para el modelo GFDL-R15 con el escenario de emisiones A2 para el año 2020, así como para el GFDL-R15 A2 y el Hadley con escenario de emisiones B2, ya que los cambios proyectados por estos modelos pueden ilustrar tanto la magnitud de los cambios esperados como la incertidumbre asociada a los diferentes modelos aplicados.

La aplicación de los modelos muestra que el clima se verá modificado para los años 2020 y 2050. Los modelos climáticos empleados proyectan incrementos en la temperatura de diferente magnitud y distribuidos diferencialmente a lo largo del país, y para el caso de la lluvia pueden incluso apuntar en distintas direcciones. En promedio, para el 2020 se proyecta un incremento de temperatura en 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 distintas zonas del país. En general, se observa una tendencia a la disminución en el área cubierta por los climas semifríos y templados y un incremento en la de los climas cálidos.

Bajo el supuesto de una equivalencia entre tipo de vegetación y tipo de clima (Tabla 1), los datos muestran que si se presentan las modificaciones en las condiciones climáticas propuestas por los modelos aplicados, las proporciones en la distribución de las comunidades vegetales cambiarían. El incremento en la temperatura tendrá como consecuencia una disminución en la distribución de los bosques templados (14.3% de la superficie del país en el base a 9.6% para el 2050, según el Hadley), así como en el bosque mesófilo de montaña. Por otro lado, se verán favorecidas las selvas caducifolias (11.1% en el base versus 20.2% con el Hadley), que tenderían a ocupar mayores superficies que en las que ahora se encuentran y se establecerían en áreas en las que actualmente dominan las selvas más húmedas o bosques templados.

De acuerdo a los modelos, se observan algunas diferencias en los probables cambios en la distribución de las comunidades vegetales. Como referencia, en la Figura 1 se ilustran los mapas obtenidos con las condiciones climáticas modificadas. En el caso del Hadley, para el 2050, resalta el cambio en la península de Yucatán en donde las selvas subcaducifolias serían remplazados por selvas afines a condiciones más secas. El tono verde indica la distribución del bosque templado y se observa cómo disminuye este ecosistema, en ambos modelos, para el 2050.

Para el 2020 y según el modelo GFDL bajo el escenario A2, se proyecta que alrededor del 20% del territorio del país experimentará un cambio en los tipos climáticos con respecto a los que predominan en el período base (Tabla 2). Los cambios se identifican dispersos en diferentes áreas del país, pero se observa una

mayor concentración de modificaciones en los estados del norte, en donde el cambio se orienta hacia el incremento de climas más secos y más cálidos, y aparentemente en un aumento en los climas cálido húmedos en el centro y sur del territorio. Ante el supuesto de que en este período de años la migración o adaptación en las comunidades no será factible, lo que se muestra en los datos corresponde a las áreas que actualmente están cubiertas por vegetación y que estarán expuestas a los cambios.

Bajo este escenario, los bosques de coníferas, encinos y el mesófilo afrontarán cambios a condiciones más cálidas, pero también más secas, esto significa el paso de climas templados y semifríos a climas semicálidos y subhúmedos de menor humedad. Para el bosque mesófilo y selvas perennifolias y subcaducifolias, se prevén condiciones de mayor humedad, lo cual podría estar asociado a mayor peligro de erosión debido a que una mayor humedad podría asociarse a mayor intensidad de lluvias. Más del 20% de la vegetación presente actualmente se vería afectada por el cambio y los tipos de vegetación que están en áreas que cambiarán de clima son el 34% de los pastizales, 23% del matorral xerófilo y alrededor del 21% de los encinares (Tabla 3).

Para el 2050 el panorama es más drástico, ya que en ambos modelos y escenarios analizados se proyectan cambios en los tipos climáticos en más del 48% de la superficie del país, de acuerdo al GFDL A2, y en casi el 59% según el Hadley B2. Para el primer caso, la mayor parte de los cambios se concentran en los estados del norte del territorio y se prevé un incremento en los climas cálidos y secos (Tabla 2). El 53% de la vegetación se vería expuesta a un clima diferente al

que existe actualmente. Los pastizales (76%), el matorral xerófilo (74%) bosques de coníferas (43%) y encinares (46%), serían las comunidades más afectadas (Tabla 3).

El modelo Hadley representa el mayor cambio con respecto a las condiciones actuales, ya que al aplicarlo en México, se observa que casi el 59% del país cambiaría en los tipos climáticos presentes durante el período base. Se observa una tendencia al incremento en climas más cálidos y secos que abarca incluso a los estados del sur y

sureste (ver Fig. 2). Alrededor del 63% de la vegetación actual estaría expuesta al cambio y esto incluye casi al 80% del matorral xerófilo y los pastizales y más del 50% de bosques de coníferas y encinos, así como a la selva espinosa y la perennifolia (Tabla 3). Pero también cambiarían las condiciones climáticas del 48% de las selvas subcaducifolias, el 38% de los bosques mesófilos y el 35% de las selvas caducifolias. Las comunidades vegetales estarán expuestas en general a condiciones de mayor estrés hídrico.

Adicionalmente al impacto del cambio climático, al modificarse las condiciones en las que se establecen las comunidades vegetales, se encuentra el problema de la pérdida de la cobertura vegetal. De acuerdo a las proyecciones de las tasas de deforestación, calculadas a partir del comportamiento entre 1993 y 2002 (Trejo y Hernández Lozano 2005), se observa que para el 2020 las comunidades más afectadas por el impacto humano serán las selvas, desde las

312 perennifolias a las espinosas, que perderán entre el 13 y 15% de las superficies  
313 que ocupaban en el año 2002 (Tabla 4).

314

315 Los bosques (coníferas y encinos) perderán entre el 6 y el 10% para el 2020. Sin  
316 embargo para el 2050, de continuar con el mismo ritmo en la deforestación, la  
317 superficie de vegetación perdida se incrementará, hasta alrededor del 30% en las  
318 selvas, 15% en los bosques, 25% en el mesófilo, 13% el pastizal, 10% en el  
319 matorral xerófilo y 22% en la vegetación hidrófila. LA importancia de esta  
320 información sobre las trayectorias de cambio de cobertura, en el contexto de las  
321 modificaciones climáticas, es que las posibilidades de reacomodo espacial  
322 generadas por el cambio climático podrían no ser factibles debido a la  
323 deforestación.

324

## 325 DISCUSIÓN

326 La incertidumbre que se asocia a los MCG y a los escenarios de emisiones podría  
327 ser un argumento para desechar la posibilidad de que los cambios en el clima  
328 asociados a los modelos utilizados, realmente sean posibles. Sin embargo, las  
329 evidencias del incremento en la temperatura se han documentado por el (IPCC  
330 2007), por lo que la aplicación de modelos que se han evaluado y reproducen las  
331 condiciones actuales, proporcionan elementos para obtener posibles escenarios  
332 para el futuro.

Los resultados obtenidos, de acuerdo a los modelos aplicados en este trabajo (GFDL A2 y Hadley B2), coinciden en que en los próximos años en México la temperatura se va a incrementar. En la zona norte del país el aumento en la temperatura será más notable, sin embargo en el caso del GFDL se observa una tendencia a incrementar la humedad en algunas zonas del país, en contraste con el Hadley, que proyecta menor humedad en la mayor parte del territorio.

Es importante mencionar que los cambios en las condiciones climáticas prevalecientes en el período base, se darán en todo el país, sin embargo en este trabajo se consideran como cambios significativos aquellos que alcanzan los umbrales de cambio que son suficientes para modificar el tipo de clima, lo cual se interpreta como un factor que puede afectar a las comunidades vegetales que se encuentran en estas zonas que cambiarían en la relación temperatura-lluvia en la que prevalecen actualmente.

Los cambios en las condiciones climáticas se reflejan en cambios potenciales en la distribución en la vegetación. Aún cuando los mapas obtenidos son muy generales y no coinciden plenamente con la vegetación en el país, sí proporcionan una idea de cómo podrían distribuirse las comunidades vegetales, si tuvieran el suficiente tiempo para hacerlo. Esta proyección de la distribución de la vegetación en el futuro, también podría ser un indicador para evaluar posibles cambios en algunas especies que tuvieran la capacidad de migrar en tiempos cortos. Sin embargo, para obtener más datos en este sentido, tendrían que llevarse a cabo análisis en especies seleccionadas y evaluar estas posibilidades.



Los resultados de este estudio muestran que de darse los cambios proyectados por los modelos de cambio climático aplicados en este caso, las comunidades vegetales sufrirán un impacto considerable. 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.* 2002; Gray 2005; Parmesan 2006; Root *et al.* 2003). Es por ello que se consideró más oportuno analizar el impacto del cambio basado en la distribución actual de las comunidades que permanecen en el país.

Debido al incremento en la temperatura que se espera, las comunidades más sensibles serán los bosques templados ubicados en las partes altas de las montañas. Estos resultados coinciden con un estudio anterior, en donde se aplicaron otros modelos y con menor resolución espacial (Villers y Trejo-Vázquez 1997) Esto también coincide con estimaciones realizadas a nivel mundial, en las que 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).

Habría que tomar en consideración que los cambios proyectados por los modelos tienen que analizarse a niveles mensuales, ya que no sólo es relevante el resultado del cambio a nivel anual, sino que en algunos casos se observan diferencias en el comportamiento de los patrones de lluvia, que tendrían impactos

377 importantes en la fenología de las plantas, o en el incremento de la intensidad en  
378 algunos meses, lo cual tendría repercusiones incluso en los índices de erosión.

379 A la amenaza del cambio climático sobre las comunidades vegetales, se  
380 agrega el efecto de la deforestación, fragmentación y el deterioro producido por el  
381 cambio en el uso del suelo propiciado por las distintas actividades como la  
382 expansión de tierras agrícolas, zonas ganaderas y urbanas. Esta pérdida de  
383 superficie cubierta por vegetación, así como los cambios en su continuidad tiene  
384 como consecuencias la pérdida en la capacidad de regeneración, dispersión,  
385 pérdida de especies clave, cambio en la abundancia de las especies, introducción  
386 de plantas invasoras, susceptibilidad a las plagas, y un detrimento en los servicios  
387 ambientales que a su vez incrementa la susceptibilidad ante el cambio climático  
388 (Beniston 2003; Enquist 2002; Frieder *et al.* 2006; Hughes 2000; Logan *et al.*  
389 2003; Parmesan 2006); ver sinergias en Recuadro 1, Challenger y Dirzo, este  
390 volumen).

391 Los datos relacionados con la pérdida de la cobertura vegetal están  
392 basados en una tasa promedio nacional, por lo que aquí no se considera que  
393 habrá zonas en las que el efecto sea mayor debido a las diferencias regionales y  
394 locales en el comportamiento de la deforestación. Aunado a lo anterior, sería  
395 importante conjugar, a nivel regional, el impacto del cambio climático con las tasas  
396 de deforestación, así como construir escenarios bajo distintos comportamientos,  
397 es decir aplicar escenarios con mayores o menores tasas de deforestación.

398 Todo lo anterior, conforma bases para promover medidas de mitigación y  
399 adaptación que sean capaces de enfrentar los retos que plantea el cambio en las

400 condiciones climáticas, así como poder revertir los procesos de deterioro  
401 ambiental que son causa y efecto del cambio climático.