OBSERVATORIO AMBIENTAL

Guatemala, abril de 2012 / Año 2 / **No. 6**

Cambio climático y biodiversidad: un análisis de sus interacciones para Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FLACSO GUATEMALA

Universidad Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

Presentación

En el mes de febrero de este año, se presentaron los resultados del proceso de investigación denominado "Cambio climático y biodiversidad: elementos para analizar sus interacciones en Guatemala, con un enfoque sistémico", elaborado por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), de la Universidad Rafael Landívar (URL), una de las instancias que conforman el Observatorio Ambiental de Guatemala.

Los objetivos de la investigación se enfocan en analizar el cambio climático como un elemento condicionante del futuro de la biodiversidad en Guatemala, especialmente a nivel de ecosistemas. Para ello, establecen una línea base de las condiciones climáticas actuales, modelan los cambios climáticos previsibles, para finalizar haciendo una interpretación de los cambios climáticos sobre los ecosistemas.

El presente documento es un resumen del informe descrito en los párrafos anteriores, y en el que se pretende abordar, de manera específica, directa y sintética, el objetivo de analizar los impactos climáticos sobre los sistemas naturales de Guatemala y aportar elementos para el monitoreo sistemático de los posibles cambios.

Con base en lo anterior, a lo largo de esta separata, se van a atender las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Qué es el clima?
- ¿Qué es el cambio climático?
- ¿Cuáles son las proyecciones acerca de la evolución del cambio climático a nivel global?
- ¿Qué va a pasar si aumenta la temperatura en el planeta?
- ¿Cuáles son los factores que definen el clima en Guatemala?
- ¿Cuál ha sido el punto de partida para el análisis de la interacción entre los cambios en el clima y los ecosistemas?
- ¿Cuáles son las bases para proyectar los posibles impactos del cambio climático sobre los sistemas naturales del país?
- ¿Cómo pueden ser interpretados estos escenarios?

¿Qué es clima?

El clima es una condición ambiental que se produce a partir de las relaciones que se establecen entre variables atmosféricas como la temperatura, la lluvia, la humedad relativa y el viento, y la interacción de éstas, con las características de un lugar determinado, como la altitud sobre el nivel del mar, las formas de la tierra, la vegetación, la cercanía a grandes cuerpos de agua como lagos y océanos, las montañas, entre otras (IARNA-URL, 2009).

El sistema climático es interactivo y complejo. Está constituido por la atmósfera, la superficie terrestre (biósfera), las áreas cubiertas permanentemente por nieve o hielo (criósfera), los océanos y otros cuerpos de agua (OMM, 2003). Sólo la temperatura o sólo la precipitación, no caracterizan un clima. Al definir el clima, lo importante es saber cómo evolucionan los promedios (de la temperatura, del viento, de la lluvia), en periodos largos de tiempo: meses, años, siglos o milenios (IARNA-URL, 2009).

En síntesis, existen dos grandes grupos de factores que determinan el clima: los factores cósmicos y los factores propios del planeta. Dentro de los factores cósmicos destacan: la energía solar que recibe la Tierra, los movimientos de rotación y traslación del planeta y la inclinación del eje del planeta con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol. Dentro de los factores terrestres, destacan: las masas de aire (en función de la temperatura, densidad y movimientos del aire), las corrientes marinas y el relieve del suelo (Getis, Getis, Fellmann, 1988).

La interacción entre los factores cósmicos y las dinámicas del planeta genera la característica más visible del clima: su variabilidad, la permanente modificación de sus valores a lo largo del tiempo, en un área determinada. La variabilidad es una característica inherente al clima.

¿Qué es el cambio climático?

Actualmente se entiende por cambio climático a la variación en el clima que se atribuye, de forma directa o indirecta, a la actividad humana y que se viene a sumar a los cambios naturales del clima observados durante periodos de tiempo comparables (IPCC, 2007).

Las variaciones climáticas globales más recientes, el llamado ciclo de periodos glaciales, tuvieron una duración aproximada de 100,000 años. Estos ciclos se produjeron como resultado de causas naturales (OMM, 2003).

Hasta antes del decenio de 1850, durante varios miles de años, la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera había permanecido relativamente estable (ver recuadros sobre la atmósfera y sobre el efecto de invernadero). Sin embargo, hoy día, gran parte de la preocupación con respecto al clima se debe a que las sociedades humanas expulsan a la atmósfera cantidades sin precedentes de GEI, como dióxido de carbono y metano, lo que origina un notable cambio en la composición química de la atmósfera, que afecta al clima mundial (Stern, 2007).

La atmósfera

La atmósfera es una combinación de gases, siendo los más abundantes: el nitrógeno (ocupa alrededor de un 78% del volumen atmosférico total), y el oxígeno (aproximadamente 21%). El resto de los gases combinados únicamente constituyen el 1% de la atmósfera, aunque esto no significa que no sean importantes. Por ejemplo, el dióxido de carbono (CO_2) ocupa el 0.04% del volumen atmosférico total y el metano (CH_4), un 0.002%, ambos son "gases de efecto invernadero" (GEI), y las variaciones en sus concentraciones afectan al sistema climático global.

La atmósfera completa se encuentra a menos de 80,000 km de la superficie terrestre, y el 99% se encuentra a menos de 50 km de la superficie terrestre.

Las escalas de los tiempos en los que operan los procesos atmosféricos son relativamente cortos. Por ejemplo, el tiempo de permanencia de los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera oscila entre los 10 años para el metano y 100 años para el dióxido de carbono y el óxido nitroso.

Fuente: Common y Stagl (2008).

¿Cuáles son las proyecciones acerca de la evolución del cambio climático?

Las principales fuentes de generación de GEI a nivel mundial se atribuyen a los procesos de generación de energía con el 24% y los impactos de los cambios de uso de la tierra con el 18% (Figura 1).

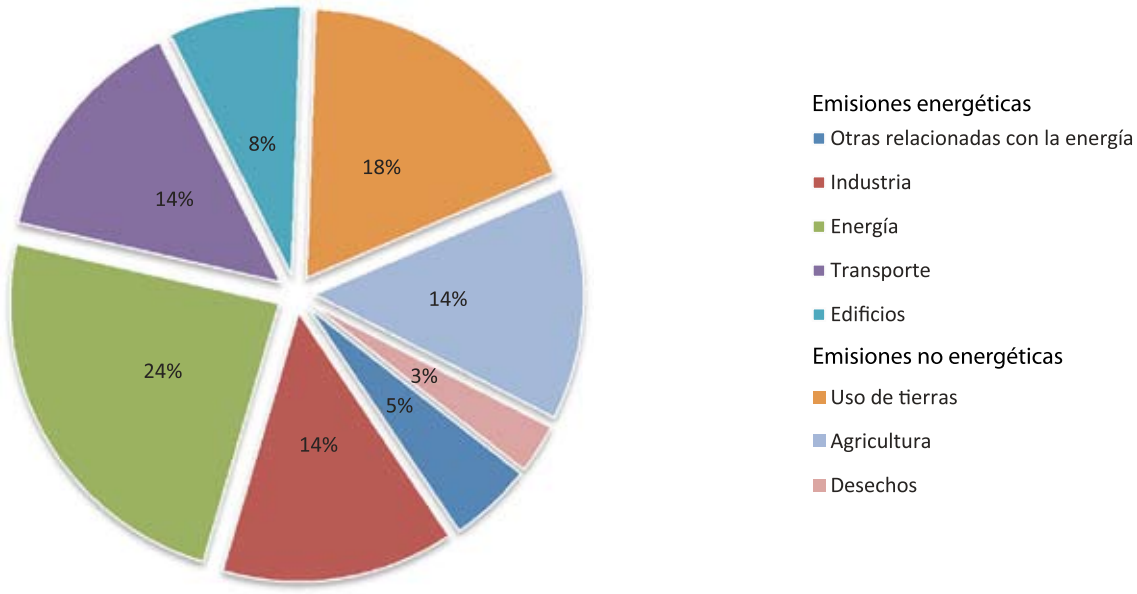
A la fecha, la presencia de GEI en la atmósfera se estima que equivale a 430 partes por millón (ppm) de CO_2, un fuerte aumento si se compara con las 280 ppm que contenía la atmósfera antes de 1850, es decir, previo a la Revolución Industrial. Este incremento ha generado un calentamiento del planeta de 0.7 ˚C y resultará en otro medio grado de calentamiento durante las próximas décadas, como resultado de la inercia de los cambios en el sistema climático (Stern, 2007; Common y Stagl, 2008).

Sin embargo, el ritmo anual de las emisiones se está acelerando, en parte, debido a que las economías en rápido crecimiento (Brasil, Rusia, India, China), invierten en el desarrollo de infraestructura que consume significativos volúmenes de carbono; y que la demanda energética y de transporte va incrementándose en todo el mundo, siendo posible que se alcance un nivel de 550 ppm de CO_2 en la atmósfera para el 2035 (Stern, 2007). A esos niveles de concentración, existe una probabilidad mínima del 77% de que la temperatura media global experimente un aumento superior a 2˚C (Stern, 2007).

Si las cosas siguen como hasta ahora, el nivel de GEI podría triplicarse para finales del siglo XXI, con lo que existiría un riesgo mínimo del 50% de que, durante las décadas siguientes, se produjera un cambio en la temperatura media mundial superior a 5˚C.

Estos cambios transformarían radicalmente la geografía física de nuestro mundo, con fuertes consecuencias para la geografía humana: los lugares donde la población se halla asentada y la manera en la que las personas desarrollan sus vidas. El cambio climático constituye una amenaza contra los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud, uso de las tierras y medio ambiente (Stern, 2007).

Figura 1. Fuentes de generación de gases de efecto invernadero



Fuente: Stern (2007).

El efecto invernadero

Aproximadamente el 60% de toda la radiación solar que llega a las capas superiores de la atmósfera llega a la superficie de la Tierra. Un 18% de esa radiación vuelve a reflejarse hacia el espacio exterior. La energía restante es la que caliente la superficie terrestre.

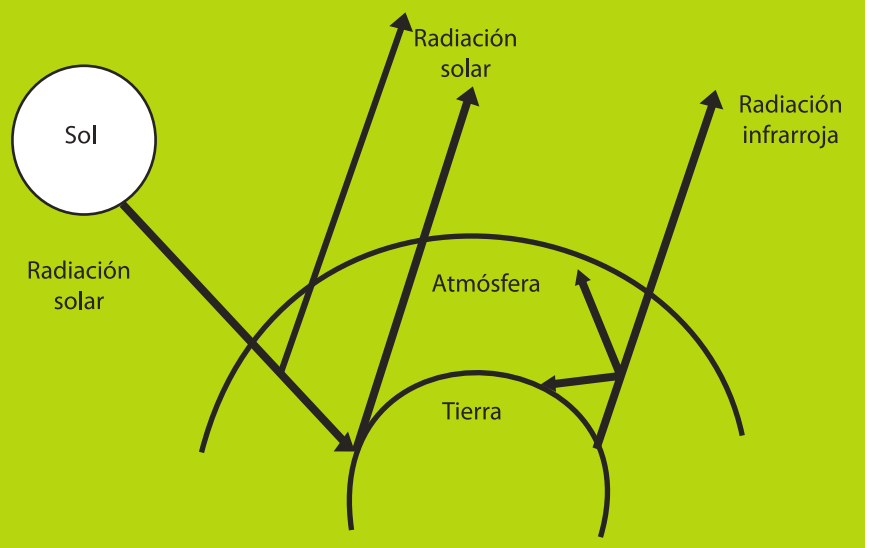
Los llamados "gases de efecto invernadero" de la atmósfera absorben parte de esa radiación que se queda y vuelven a emitirla en todas las direcciones, incluida nuevamente la superficie terrestre. El efecto de esa radiación reflejada es la que calienta la atmósfera baja y la superficie del planeta. Los GEI actúan como una manta que cubre toda la superficie terrestre. Este efecto de radiación es similar al del vidrio que cubre un invernadero, derivando de allí el nombre de este fenómeno. En la Figura 2 se muestran las características principales del efecto de invernadero.

La existencia del efecto de invernadero es algo aceptado a nivel universal. Sin él, la vida, tal como la conocemos, no sería posible en la Tierra, ya que la superficie terrestre tendría una temperatura media de aproximadamente - 6˚C, en lugar de los actuales 15˚C.

Si bien estos procesos físicos se conocen desde 1827, fue a finales del siglo XX, y a partir de la recolección de datos sobre las condiciones en otros planetas del sistema solar, cuando se empezó a comprender de mejor manera la función que cumple la composición de la atmósfera con respecto a la temperatura del planeta y otras características del clima.

Fuente: Common y Stagl (2008).

Figura 2. Relaciones físicas que fundamentan el efecto de invernadero



Fuente: OMM (2003).

El efecto de invernadero aumentado

A partir de 1850, cuando ya se ha instalado plenamente la denominada Revolución Industrial, las concentraciones de los GEI en la atmósfera fueron aumentando como resultado de la actividad económica humana. Durante el último siglo, el clima parece haber ido cambiando, en especial la temperatura media global de la superficie terrestre, la cual ha ido en aumento. El término "efecto invernadero aumentado" se refiere a la idea de que el clima está cambiado debido, en principio, a las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, producto de la actividad humana.
En lo que refiere al clima, lo que importa no son las emisiones per se, sino las concentraciones atmosféricas de los GEI. Estas concentraciones dependen de las emisiones y del funcionamiento de los procesos eliminan estos gases de la atmósfera, conocidos como sumideros. El efecto de los sumideros se ve afectado por la actividad económica.

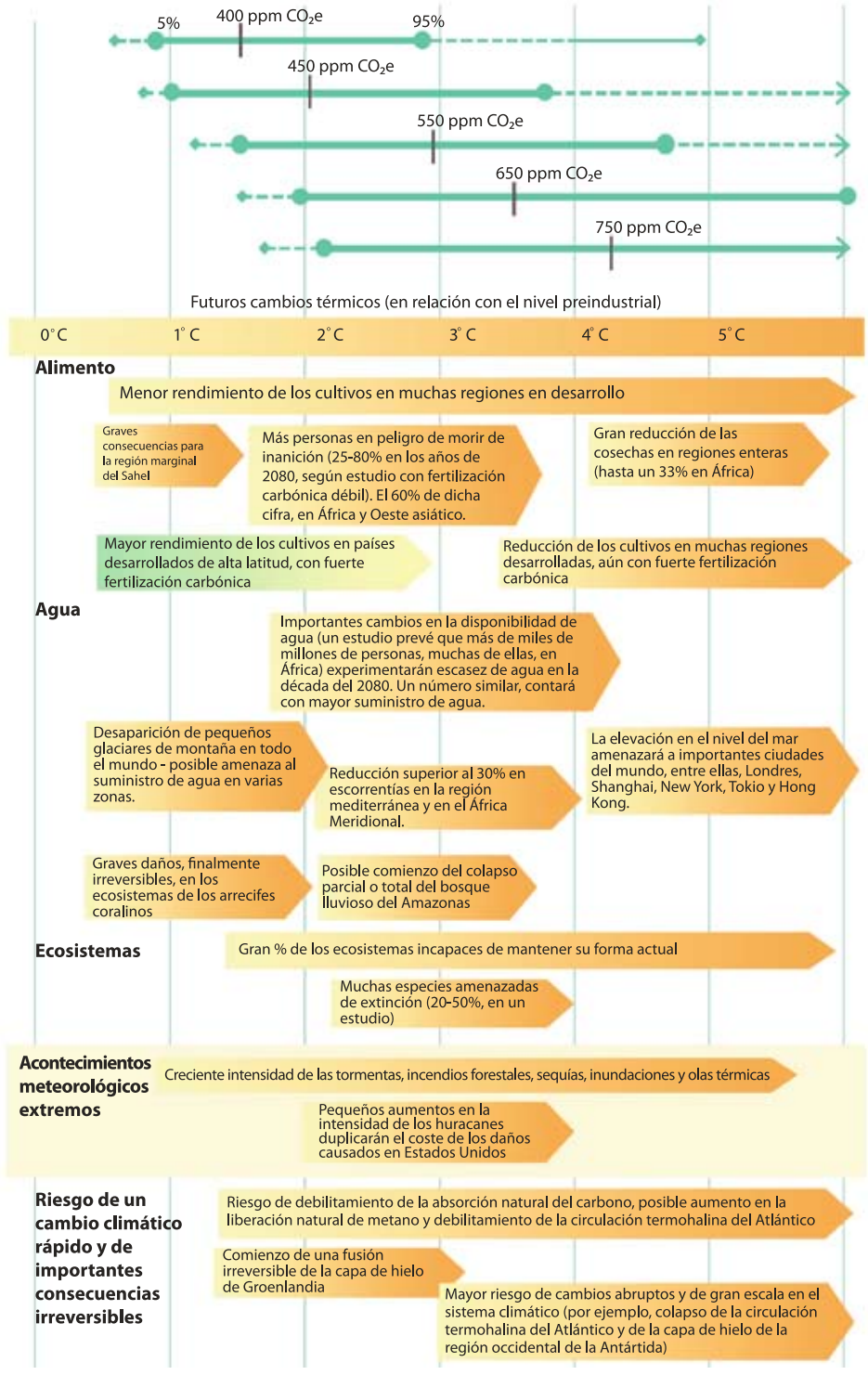
La magnitud de los efectos que tendrá el cambio continuo del clima en los seres humanos sigue siendo materia de controversia. El área en la que existen más desacuerdos acerca del efecto de invernadero aumentado es la que concierne a qué se puede hacer, si es que se puede hacer algo, para contrarrestarlo.

Fuente: Common y Stagl (2008).

¿Qué va a pasar si aumenta la temperatura en el planeta?

La Figura 3, presenta una síntesis de las interacciones entre la variación en la concentración de los GEI en la atmósfera, la probabilidad de que se produzcan distintos niveles de cambio en la temperatura media global y las consecuencias físicas esperadas en cinco de los temas que más preocupan a los especialistas. Estas proyecciones se basan en las probabilidades de ocurrencia de ciertos escenarios de cambio climático.

Figura 3. Impactos de los posibles aumentos de temperatura a nivel mundial, debidos al cambio climático



Fuente: Stern (2007).

La parte superior de la figura muestra las posibles temperaturas a alcanzar, a partir de la estabilización de la concentración de CO_2 en la atmósfera entre las 400 ppm y 750 ppm de CO_2. Las líneas horizontales sólidas indican los cambios que se pueden ir dando a nivel de la temperatura en función de distintos tipos de concentración de CO_2 y para distintos tipos de probabi-

lidad de ocurrencia (entre 5 y 95%), con base en las estimaciones de la sensibilidad climática. De allí se interpreta que: hagamos lo que hagamos por mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, el cambio climático se está dando y nos tenemos que adaptar, forzosamente, a los impactos de dichos cambios (Stern, 2007).

La parte inferior de la Figura 3 sintetiza la diversidad de los posibles impactos del cambio climático, y cómo éstos van a ir variando en la medida en que se incremente la temperatura del planeta. La relación entre los cambios en la temperatura promedio a nivel global y los cambios climáticos a nivel regional es muy incierta, particularmente en lo que respecta a los cambios en los patrones de lluvias (Stern, 2007). De allí se desprende la necesidad de planificar de manera proactiva, la manera en que vamos a enfrentar estas situaciones. Recordemos que prevenir es mucho mejor que curar.

Si bien queda todavía mucho por conocer sobre estos riesgos, las posibles temperaturas resultantes del cambio climático, llevarán al mundo más allá de lo que la humanidad ha experimentado (Stern, 2007).

¿Cuáles son los factores que definen el clima en Guatemala?

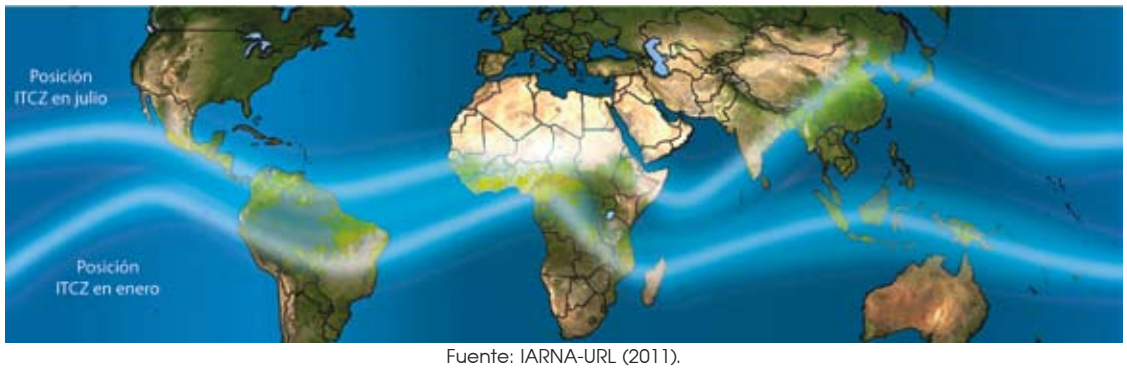
En Guatemala, las condiciones climáticas se encuentran determinadas por la influencia de tres factores propios de la región mesoamericana: i) las migraciones anuales de la zona de convergencia intertropical (ITCZ), ii) presencia o ausencia del fenómeno El Niño (ENSO) y iii) las Corrientes de Chorro de bajo nivel del Caribe (CLLJ), responsable de la generación de los vientos alisios. Las siglas que identifican a estos factores provienen de sus nombres en idioma inglés (IARNA-URL, 2011).

La zona de convergencia intertropical es un cinturón de baja presión atmosférica que circunda al globo terrestre en la región cercana al ecuador, según lo muestra la Figura 4. La ITZC se manifiesta como un cinturón perpetuo, discontinuo y migratorio de nubes que genera las precipitaciones pluviales en las regiones cercanas a la región ecuatorial (IARNA-URL, 2011).

El fenómeno natural El Niño se encuentra asociado a la variación en las condiciones climáticas que se dan en el Pacífico ecuatorial, producto de la interacción entre la circulación de los vientos, cambios en la presión atmosférica, variaciones en la temperatura superficial de las aguas, presencia o ausencia de lluvias, entre otras. Los cambios en la presión atmosférica afectan la temperatura de la superficie del mar y viceversa. La Figura 5 muestra la dinámica de estas relaciones en condiciones normales (IARNA-URL, 2011).

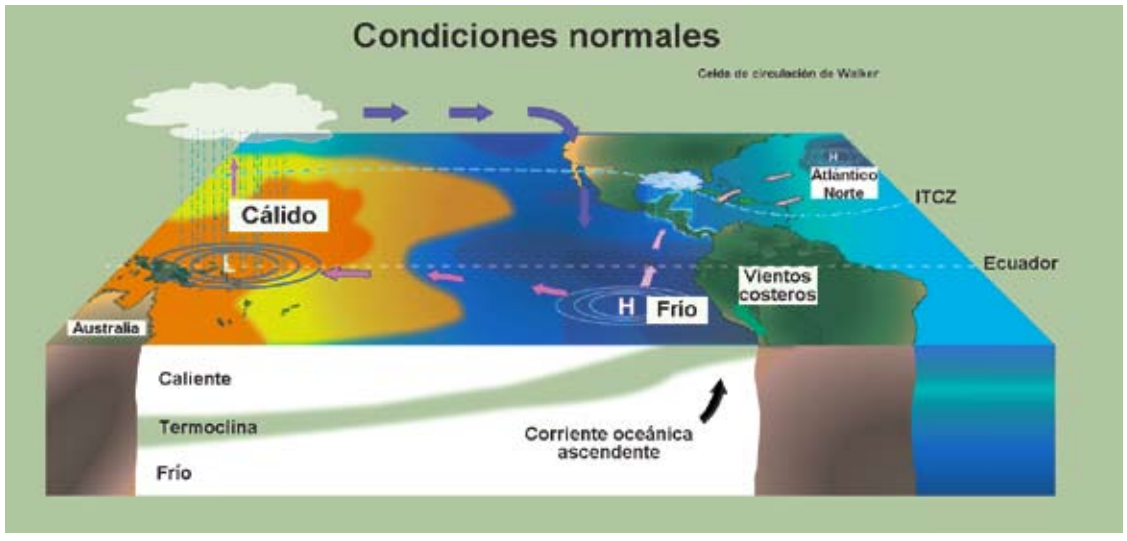
Cuando la temperatura de la superficie del océano Pacífico se incrementa en 1˚C o más con respecto a su promedio histórico, nos vemos en presencia de un ENSO en su fase cálida. Los cambios que esta situación genera se presentan en la Figura 6.

Figura 4. Migración anual de la Zona de Convergencia Intertropical



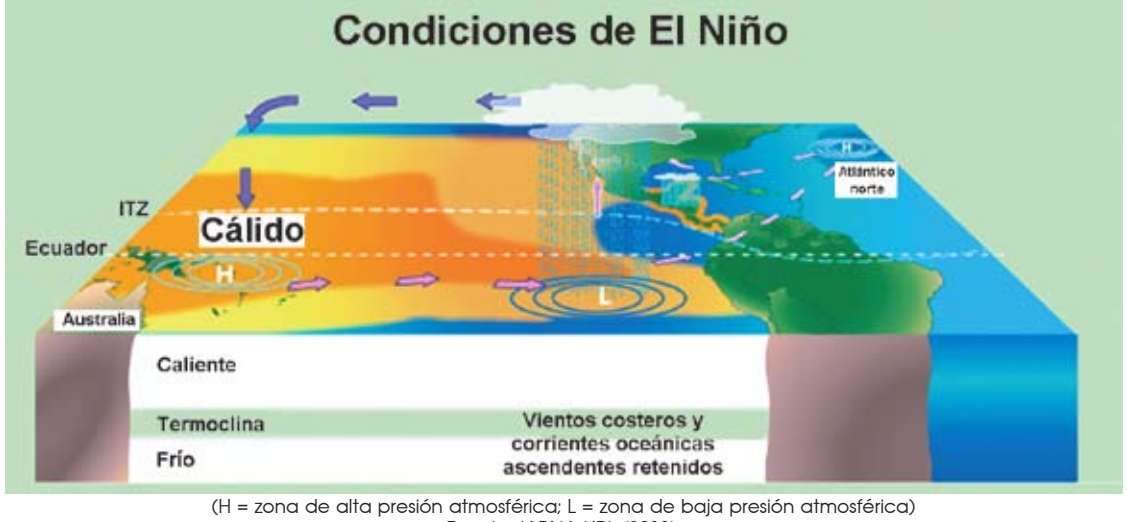
Fuente: IARNA-URL (2011).

Figura 5. Interacción entre la presión atmosférica, la circulación de vientos, presencia de lluvias, la migración de la ITZC, en condiciones normales.



(H = zona de alta presión atmosférica; L = zona de baja presión atmosférica)
Fuente: IARNA-URL (2011).

Figura 6. Interacción entre la presión atmosférica, la circulación de vientos, presencia de lluvias, la migración de la ITZC, en condiciones del Niño.



(H = zona de alta presión atmosférica; L = zona de baja presión atmosférica)
Fuente: IARNA-URL (2011).

Para Mesoamérica, la presencia del ENSO en su fase cálida, se manifiesta en el retraso y debilitamiento de la migración de la ITZC hacia el norte, lo que ocasiona una disminución de humedad en la región, que a su vez, se traduce en una significativa reducción de las lluvias y un incremento en las temperaturas promedio anuales. Lo que comúnmente se conoce como el fenómeno del Niño (IARNA-URL, 2011).
Por su parte, el ENSO en su fase fría, es decir, cuando la temperatura promedio de la superficie del océano sobrepasa 1˚C o más por abajo del promedio histórico, produce la retención de la ITZC en su extremo norte, con un fortalecimiento de los vientos alisios sobre Mesoamérica y consecuentemente un incremento significativo de lluvias y disminución de la temperatura. Esta situación se denominada como La Niña (IARNA-URL, 2011). Los cambios en las condiciones generales a nivel del océano se presentan en la Figura 7.
Como se observa en las figuras 5, 6, y 7, tanto la migración de la ITZC como la presencia o ausencia del ENSO, son generados por los comportamientos de las corrientes marinas y las corrientes de vientos, las cuales a su vez, son producto de los procesos de rotación y traslación del planeta Tierra alrededor del Sol y de la manera en que la energía solar incide sobre la Tierra (IARNA-URL, 2011).
Los cambios en la temperatura de las aguas del Pacífico ecuatorial como producto del calentamiento global, han generado que la presencia de eventos ENSO, en su fase cálida y fría sean más recurrentes. Durante el periodo 1950 – 1970, se presentaron dos fases cálidas y dos fases frías. En el periodo 1970 – 1990 se presentaron cuatro fases cálidas y cuatro fases frías. Y entre 1990 y el 2012 se han presentado seis fases cálidas y cuatro fases frías (IARNA-URL, 2011).
Dentro de los impactos que provoca la fase cálida del Niño destaca la liberación de "bolsones de calor" que se generan en las aguas de los océanos y se movilizan con los vientos. El incremento en la intensidad y frecuencia del ENSO va a provocar que la región del litoral pacífico americano se mantenga de manera permanente bajo condiciones características de fase cálida.
La liberación de calor debilita la capacidad migratoria de la ITZC, haciendo que la misma se estacione en su posición más hacia el sur. Esta "no migración" de la ITZC va a afectar el territorio guatemalteco reduciendo la cantidad de lluvias que se presentan y se van a seguir presentando a futuro en el país.
Es de esperar que la fase fría del ENSO (La Niña), que se presenta posterior a la presencia de un Niño muy intenso, se manifieste con temporadas muy húmedas acompañada de fuertes lluvias, generando con ello una alta variabilidad climática, aunque con una alta dominancia de años secos. En otras palabras, luego de una etapa prolongada de sequía (un Niño intenso), se espera que el efecto de rebote (La Niña), venga acompañada de lluvias muy intensas, en cortos periodos de tiempo.

Figura 7. Interacción entre la presión atmosférica, la circulación de vientos, presencia de lluvias, la migración de la ITZC, en condiciones del Niño.

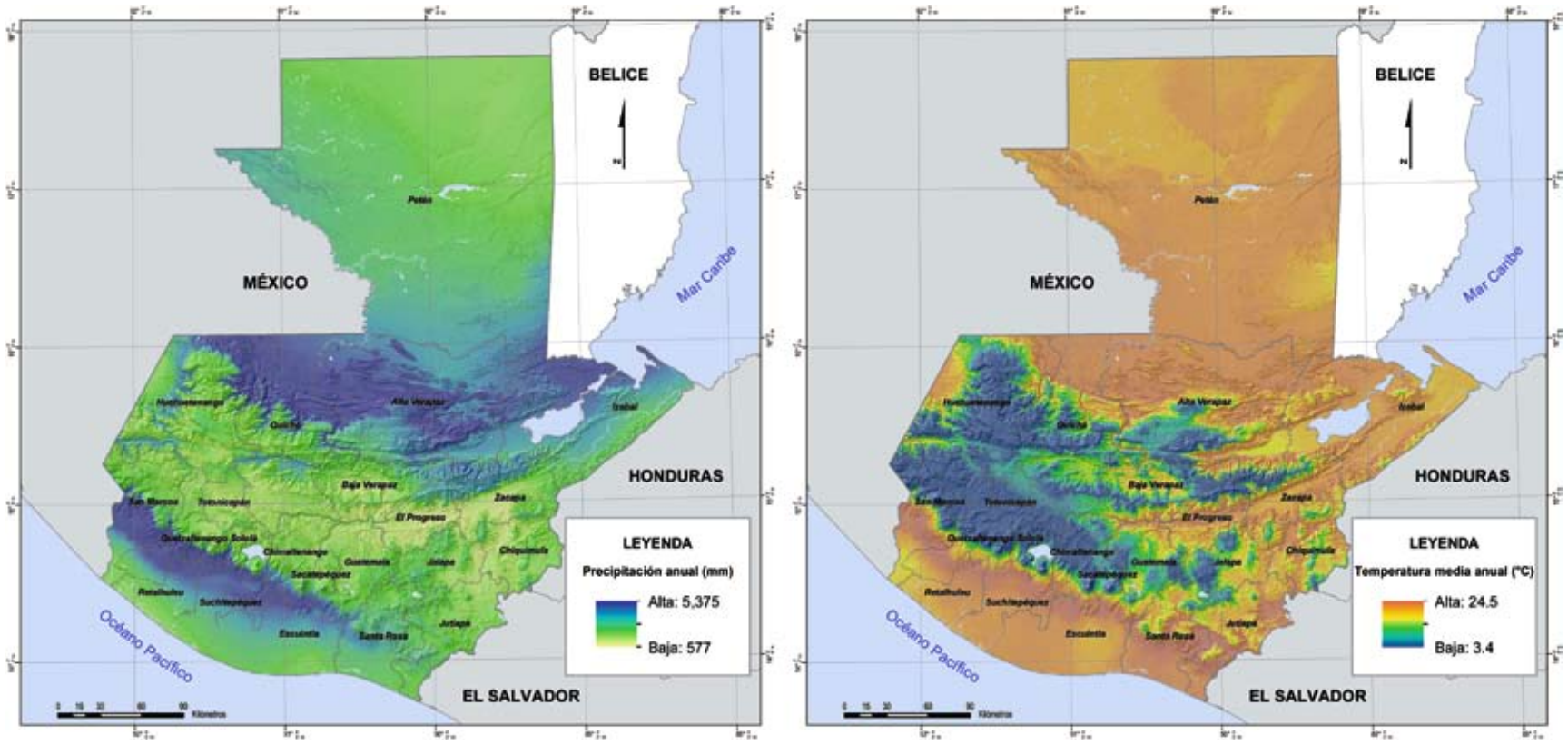
(H = zona de alta presión atmosférica; L = zona de baja presión atmosférica)
Fuente: IARNA-URL (2011).

¿Cuál ha sido el punto de partida para el análisis de la interacción entre los cambios en el clima y los ecosistemas?

Usando como plataforma la base climática mundial denominada Worldclim, se estimaron los promedios de temperatura y precipitación pluvial para Guatemala, para el periodo comprendido entre 1950 y el año 2000. La Figura 8 muestra los mapas de la distribución de la precipitación pluvial y de la temperatura generados a partir de esta información.
Con los registros de temperatura y precipitación se elaboró un mapa de la distribución de las zonas de vida de Guatemala. El sistema de zonas de vida se basa en el criterio que, tanto los suelos como la fauna y la vegetación de una región, pero especialmente la vegetación, pueden ser agrupados en unidades más o menos homogéneas, partiendo de los rangos de variación de tres variables: temperatura, precipitación y evapotranspiración.
Con el apoyo de los sistemas de información geográfica, se codificó cada uno de los pixeles de la imagen de satélite del país, para producir un mapa de la distribución de las zonas de vida en Guatemala al año 2000. Este mapa se presenta en la Figura 9.
También se identificó la distribución de las provincias de humedad: agrupamiento de las zonas de vida con base en las relaciones que existen en ellas entre la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial[1]. La presencia, en términos de porcentaje, de estas provincias de humedad se detalla en el Cuadro 1.

1. Según la Organización Meteorológica Mundial, la evapotranspiración es la cantidad de agua transferida a la atmósfera debido a la evaporación que se genera en la superficie de los suelos y en los procesos de transpiración de las plantas. De allí se desprende que la Evapotranspiración Potencial sea definida como la máxima cantidad de agua que una determinada región es capaz de perder, en un intervalo de tiempo dado, por procesos de evaporación provenientes del suelo y de la vegetación (FAO, 1998).

Figura 8. Distribución de la precipitación pluvial y la temperatura, en promedios anuales entre 1950 y el año 2000



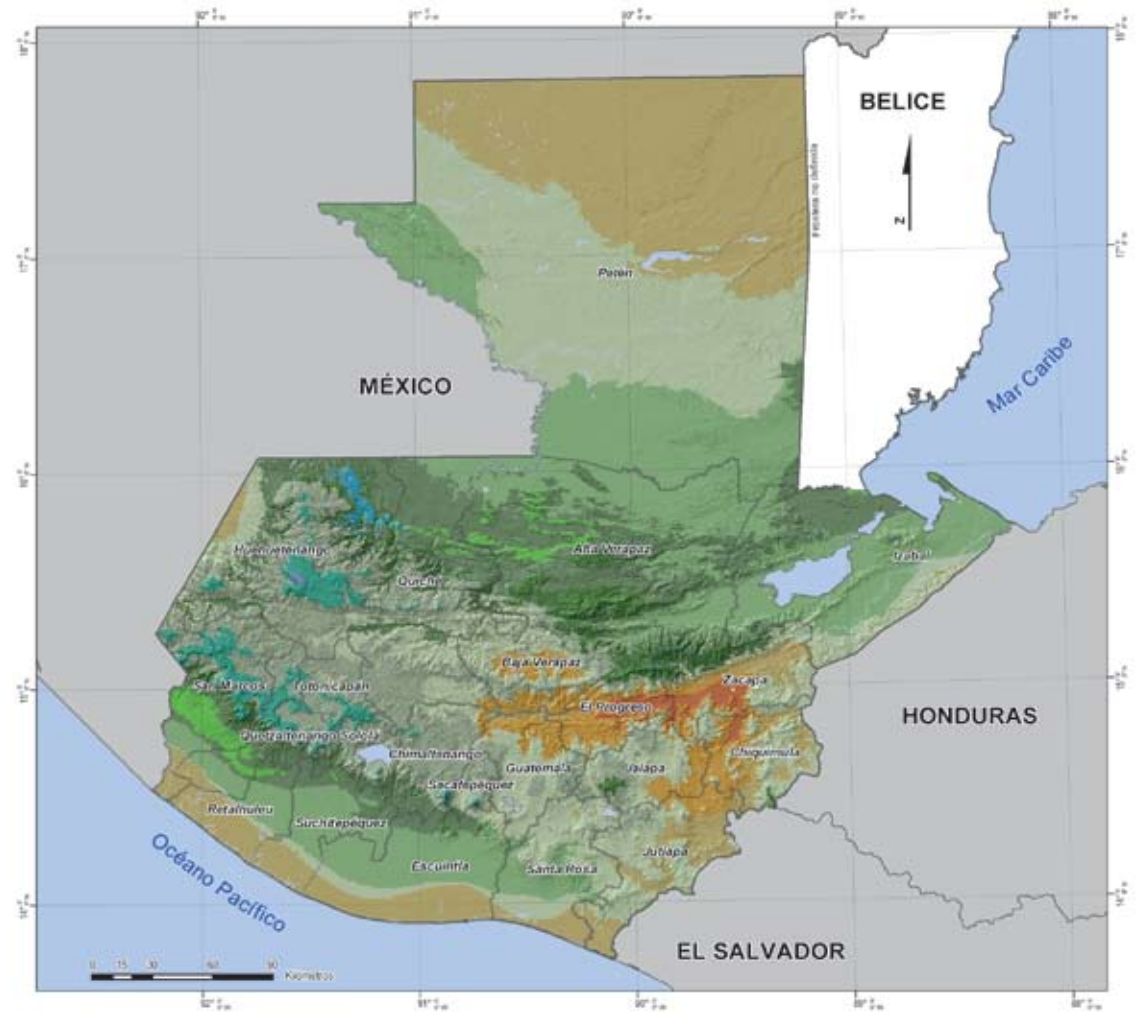
Fuente: IARNA-URL (2011).

Figura 9. Distribución de las zonas de vida a nivel nacional al año 2000.

Zonas de vida

bh-MBT= bosque húmedo montano bajo tropical, bh-MT= bosque húmedo montano tropical, bh-PMT= bosque húmedo premontano tropical, bh-T= bosque húmedo tropical, bmh-MBT= bosque muy húmedo montano bajo tropical, bmh-MT= bosque muy húmedo montano tropical, bmh-PMT=bosque muy húmedo premontano tropical, bmh-T= bosque muy húmedo tropical, bms-T= bosque muy seco tropical, bp-MT= bosque pluvial montano tropical, bp-PMT= bosque pluvial premontano tropical, bs-MBT= bosque seco montano bajo tropical, bs-PMT= bosque seco premontano tropical, bs-T= bosque seco tropical, mp-SAT= monte pluvial o páramo subalpino tropical

Fuente: IARNA-URL (2011).



Cuadro 1. Presencia de las provincias de humedad a nivel nacional, según el mapa de zonas de vida al año 2000.

Provincia de HUMEDAD	Presencia nacional (%)	Característica básica
Seca y muy seca	24.089	En donde la ETP es mayor que PP
Húmeda	57.080	En donde la PP es mayor que la ETP
Muy húmeda	18.492	En donde la PP es mayor que la ETP
Pluvial	0.339	En donde la PP es mayor que dos veces la ETP

ETP = evapotranspiración potencial; PP = precipitación pluvial

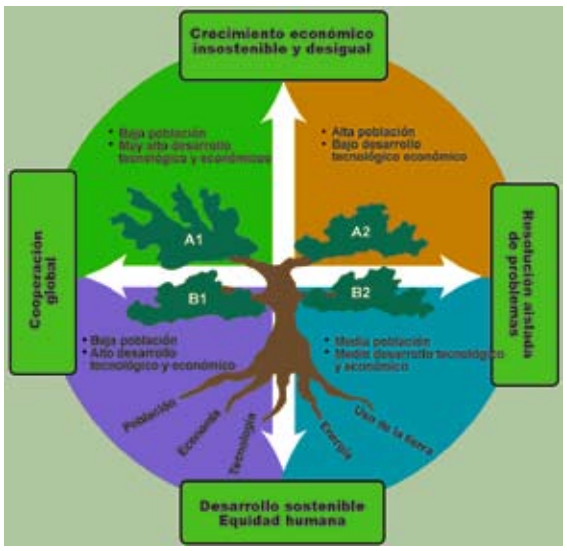
Fuente: IARNA-URL (2011).

¿Cuáles son las bases para proyectar los posibles impactos del cambio climático sobre los sistemas naturales del país?

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), organización del Sistema de Naciones Unidas, ha desarrollado una serie de herramientas metodológicas para proyectar la manera en que se pueden dar dichos cambios. Una de estas herramientas se enfoca en la construcción de los escenarios de cambio climático.

Los escenarios son historias de futuros posibles. Se basan en la exploración de los posibles resultados que podrían darse si se modifican o no, algunos supuestos básicos de una situación determinada. Los escenarios pretenden mostrar qué es lo que puede suceder (ojo: no lo que va a suceder). En la Figura 10 se presenta el esquema usado para construir los posibles escenarios del cambio climático en Guatemala.

Figura 10. Esquematización de los escenarios del cambio climático



Fuente: IARNA-URL (2011).

La Figura 10 muestra que las principales fuerzas que impulsan el cambio climático son: el crecimiento poblacional, el desarrollo económico, el desarrollo tecnológico, el consumo de energía y el uso de la tierra (las raíces del árbol). Para enfrentarlo, hay dos grandes vías: la forma en que se va a administrar el modelo de desarrollo (con base en la búsqueda del crecimiento económico que es insostenible y genera inequidades en la sociedad o con base en la búsqueda de un modelo de desarrollo sostenible, que le apuesta principalmente a la construcción de capital humano). La otra vía se refiere a la manera en que la humanidad va a enfrentar esta situación (con un alto nivel de coordinación y cooperación entre las naciones o mediante la resolución aislada de los problemas).

Se decidió trabajar con los escenarios A2 y B2, asumiendo que el cambio climático lo vamos a enfrentar de una manera aislada. Los dos escenarios fueron analizados con horizontes de tiempo al 2020, 2050 y 2080.

Para proyectar la temperatura y precipitación media anual que se espera para cada escenario, se usó el modelo matemático elaborado por el Centro Hadley de Investigación y Predicción Climática denominado HCCPR-HADCM3. Este modelo fue seleccionado debido a que se le considera el modelo que recoge, de mejor manera, las características climáticas de la región mesoamericana.

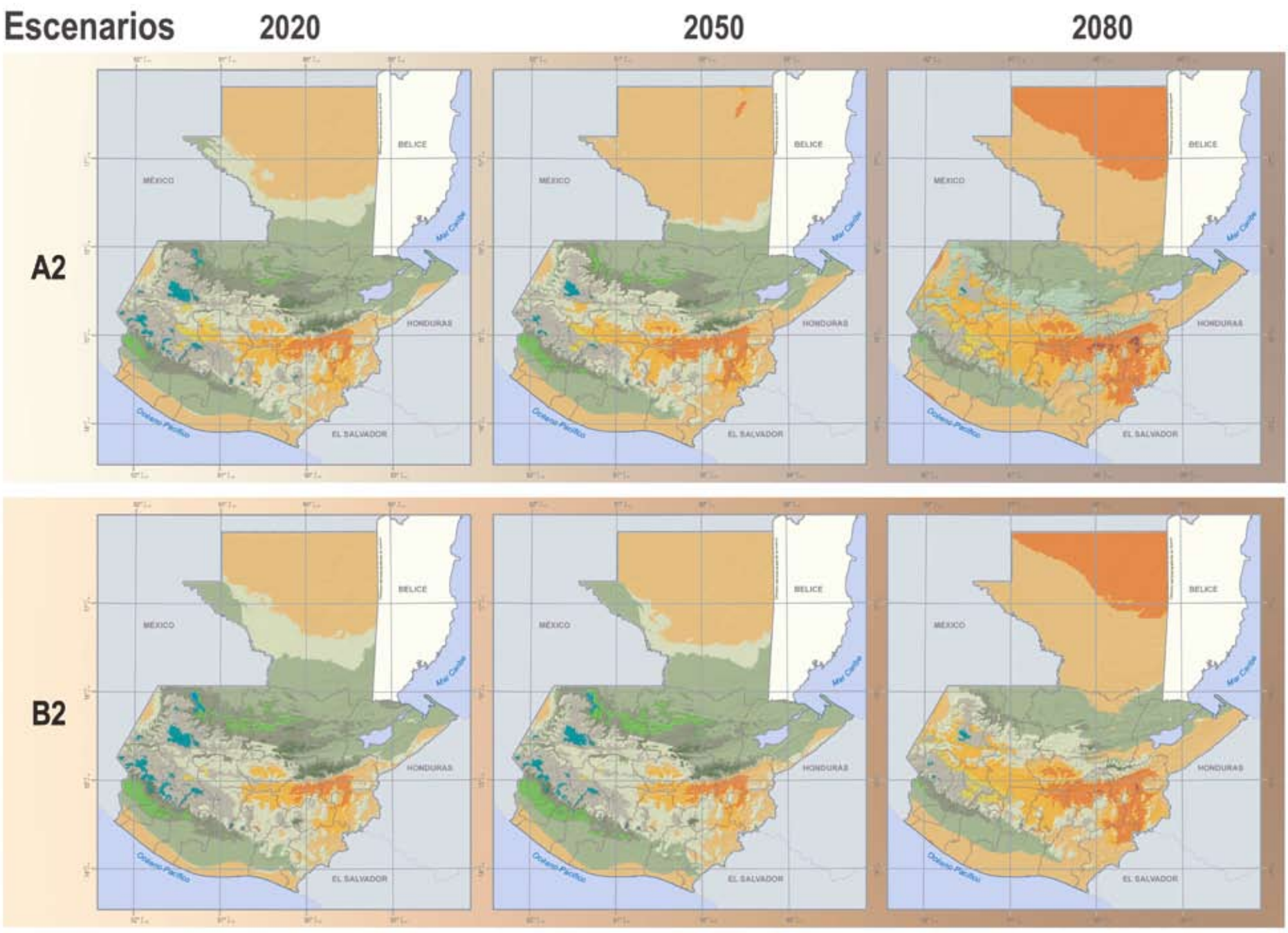
Teniendo los datos de temperatura y precipitación pluvial proyectados según escenarios y horizontes de tiempo, se elaboraron los mapas de las posibles distribuciones que van a tener las zonas de vida en el corto (año 2020), mediano (año 2050) y largo plazo (año 2080). Los resultados de las proyecciones se presentan en la Figura 11.

Una aclaración que se considera pertinente:

Si bien la evolución de las zonas de vida es una herramienta adecuada para proyectar los efectos de la interacción entre cambio climático y la biodiversidad, es muy importante tener en consideración que los cambios que se proyectan: expansión o contracción, surgimiento o desaparición de zonas de vida, son procesos prácticamente imperceptibles en periodos cortos de tiempo. La interpretación de estos cambios demanda la comprensión de la manera y los ritmos con que se dan los procesos ecológicos de la sucesión natural, un elemento que también se encuentra fuertemente asociado al nivel de la escala de análisis.

Estos son los hallazgos de un análisis realizado a escala país. Los análisis a escalas diferentes, especialmente a nivel local, requieren de la incorporación de otras variables que son importantes, precisamente a nivel local.

Figura 11. Los escenarios del cambio climático en Guatemala a nivel de zonas de vida con base en dos escenarios y tres horizontes de tiempo.



Fuente: IARNA-URL (2011).

¿Cómo pueden ser interpretados estos escenarios?

La Figura 11 revela que prácticamente todo el país va a ser modificado en sus condiciones naturales. Tanto en el escenario A2 como en el escenario B2, la biodiversidad se verá afectada en:

- cambios en la distribución de las especies a lo largo de los niveles altitudinales, de humedad y temperatura;
- cambios en el calendario biológico propio de cada especie –periodos de apareamiento, anidación, crianza y migración en especies animales, y en la floración, fructificación y liberación de semillas, en el caso de especies vegetales–;
- alteración de los procesos de interacción entre especies, como por ejemplo, las relaciones entre floración y la polinización por parte de insectos, las relaciones simbióticas entre algas y hongos, entre otros, lo que en términos científicos se conoce como un desacoplamiento de las interacciones de coevolución;
- cambios bien marcados en la dinámica de las poblaciones naturales de la mayoría de las especies, especialmente en indicadores como tasas de supervivencia y fecundidad;
- reducción en el tamaño de las poblaciones naturales;
- extinción o extirpación –desaparición a nivel local– de especies, sobre todo de aquellas que tienen rangos de distribución restringidos o que se encuentran aisladas;
- pérdida directa de hábitat debido a diversas causas, entre ellas: aumento del nivel del mar, aumento de la frecuencia de incendios, brotes espontáneos de plagas y enfermedades, variación en las condiciones ambientales de determinados hábitats -por ejemplo: incremento en la temperatura del agua en los arroyos de montaña–;
- incremento en la propagación de especies invasoras o no nativas, esto incluye plantas, animales y agentes patógenos

Los posibles impactos del cambio climático a nivel de los ecosistemas naturales se sintetizan en el Cuadro 2.
Tomando como base las provincias de humedad, se han proyectado los efectos esperados del cambio climático sobre los ecosistemas más representativos de cada provincia.
En términos generales, se esperan cambios en la estructura, composición y función, lo que supone una variación en la capacidad de estos ecosistemas de continuar generando los bienes y servicios naturales de la manera como lo han venido haciendo a la fecha (la productividad) y, sobre todo, en su capacidad de amortiguar, de manera adecuada, los impactos de los cambios (la resiliencia). Hay que recordar que estos bienes y servicios son los factores que constituyen la base de los sistemas productivos nacionales, así como la fuente de diversos insumos fundamentales para la vida de los seres humanos.
El resumen de los cambios, a escala país, en cada escenario y en cada uno de los horizontes de tiempo, se presenta en el Cuadro 3.
Tanto en el escenario A2 como en el escenario B2, el territorio nacional se encamina a transformarse en una zona con significativos déficit en lo concerniente al tema agua.
Para el año 2000, Guatemala generaba agua de manera excedentaria, tal como lo demuestra la dominancia de las provincias húmedas, muy húmedas y pluviales. Para el 2080, vamos a

Cuadro 2. Cambios en los sistemas naturales a partir de los impactos del cambio climático

Provincia de humedad y especies o ecosistemas característicos	Factor de cambio climático (actuaran de manera aditiva)			Efectos previsibles	Resiliencia natural de los ecosistemas Cambios en la productividad neta del ecosistema (PNE).
	Temperatura	Precipitación	Eventos Extremos		
Provincias secas y muy secas	Aumento abrupto de temperaturas medias y externas, especialmente máximas diarias y de estacionalidad	Alta variabilidad interanual y estacional de precipitación.	Aumento considerable de sequías, aridez, incendios e inundaciones.	Cambios de composición biológica y fenotípica.	**Resiliencia Intermedia**
				Migración de especies.	
		Disminución de días de lluvia (intensificación del ciclo hidrológico.		Simplificación de los ecosistemas (composición, estructura y función).	**PNE Baja**
				Predominancia de especies de bosque secundario, especies pioneras y resistentes a una mayor variabilidad climática.	
Provincias húmedas, muy húmedas y pluviales tropicales por debajo de los 1,000 metros sobre el nivel del mar Bosques latifoliados o tropicales de tierras bajas	Aumento abrupto de temperaturas altas y medias y de estacionalidad	Alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación.	Aumento considerable de sequías, aridez, inundaciones y tormentas.	Elevada erosión genética y simplificación de la estructura y composición florística.	**Resiliencia Baja**
				Migración de especies hacia sitios de mayor altitud o sitios con PP>ETP.	
		Disminución de días de lluvia (intensificación del ciclo hidrológico.		Tendencia a transformación hacia bosques secos.	**PNE Baja**
				Disminución de especies tolerantes a la sombra.	
Provincias húmedas y muy húmedas por encima de los 1,000 metros sobre el nivel del mar Bosques mixtos o de coníferas	Aumento abrupto de temperaturas medias y de estacionalidad	Alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación.	Aumento considerable de sequías, inundaciones y tormentas.	Incremento en la productividad primaria neta (PPN).	**Resiliencia Intermedia**
				Especies como el pino pueden verse beneficiadas por el cambio climático.	
		Disminución de días de lluvia (intensificación del ciclo hidrológico.		Esta zona será la que mejor conserve su composición, estructura y funcionalidad.	**PNE Alta**
				Especies conformantes, con altos niveles de persistencia, sobre todo a la tolerancia a sequías.	
Provincia muy húmeda y pluvial por encima de los 1,800 metros sobre el nivel del mar Selvas de montaña, bosques nuboso, mixtos o de coníferas de alta montaña	Aumento abrupto de temperaturas medias, máximas (factor crítico), estacionalidad y variación interanual	Alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación.	Sequias, aumento en altitud de la nube y nubosidad, incendios y tormentas.	Reducción significativa o colapso de esta zona de vida y ecosistemas conformantes.	**Resiliencia colapsada**
				Especies invasoras sobre todo de ecosistemas de bosques mixtos y de coníferas.	
		Estación seca bien definida. En estación lluviosa, aumento drástico de la intensidad diaria de lluvia.		Aumento de incendios, plagas y enfermedades.	**PNE Intermedia**
				Disminución de nubosidad, de entradas de lluvia y de humedad relativa.	
				Cambios drásticos del balance hídrico.	
				Cambios críticos en la composición, estructura y funcionalidad de los ecosistemas.	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Evolución de la presencia a nivel nacional de las provincias de humedad, en función de los escenarios analizados.

Provincia de humedad	Presencia a nivel nacional (%)						
	Año base 2000	Escenario A2			Escenario B2		
		2020	2050	2080	2020	2050	2080
Seca y muy seca	24.089	38.434	49.027	69.785	31.653	34.630	64.267
Húmeda	57.080	50.016	42.883	28.604	53.481	51.789	33.124
Muy húmeda	18.492	11.468	8.087	1.611	14.680	13.463	2.609
Pluvial	0.339	0.082	0.003	0.000	0.185	0.118	0.000

Fuente: IARNA-URL (2011).

ser un país predominantemente seco, debido a que la evapotranspiración potencial va a ser mayor que la precipitación pluvial. En otras palabras, Guatemala va a pasar a ser un país deficitario en recursos hídricos.

De allí, la necesidad de enfocar una buena parte de nuestros esfuerzos de planificación nacional en asegurar un adecuado abastecimiento de este recurso, en calidad y en cantidad.

A nivel departamental, las áreas más afectadas por estos cambios serán los departamentos de Santa Rosa, Totonicapán, Péten, Guatemala, Izabal, Chimaltenango y Sacatepéquez; en los cuales se espera un significativo incremento de los bosques secos y muy secos. Entre los departamentos en los que se esperan cambios menos intensos se encuentran: Suchitepéquez, El Progreso, San Marcos, Retalhuleu y Alta Verapaz. De allí, la necesidad de brindar una atención diferenciada a las distintas regiones que conforman el país, ya que los impactos no van a manifestarse de manera homogénea.

Consideraciones finales

Los impactos de cambio climático, ya son evidentes, y tendrán consecuencias drásticas en el corto y mediano plazo (2020, 2050 y 2080), sobre la biodiversidad de Guatemala.

Para el año 2080 se prevé que hayan cambiado las condiciones climáticas en más del 60% del territorio guatemalteco. Entre los principales impactos se espera la expansión de los bosques secos y muy secos. Paralelamente, se observará la disminución de la presencia de los bosques húmedos, muy húmedos y pluviales. Esto implica que Guatemala va a pasar a ser un país con un marcado déficit hídrico.

La agudización de la progresiva y acelerada simplificación de los ecosistemas, conlleva la pérdida de los servicios ecosistémicos asociados, entre ellos: la captación y regulación hidrológica; la productividad primaria neta; refugio a la biodiversidad de importancia económica, alimentaria y medicinal; la liberación del carbono almacenado en los ecosistemas de Guatemala, entre otros. Estos efectos que se prevén para la biodiversidad, también impactarán severamente los sistemas productivos y el abastecimiento de recursos hídricos, para todos los segmentos de la sociedad guatemalteca.

Por ello, es fundamental enfocar esfuerzos a nivel de las políticas públicas, elaboradas con visiones y horizontes claramente establecidos, con base en procesos bien definidos para alcanzar esas visiones y horizontes: así como estructuras institucionales renovadas y dinamizadas, especialmente en torno a la prevención y adaptación local al cambio climático. Entre los elementos en materia de adaptación, que deben ser recogidos a través de esas políticas públicas e implementados de manera prioritaria y en el corto plazo, destacan:

- Reforma del Estado guatemalteco, no sólo para dotarlo de un sistema institucional funcional competente; sino también, para conceptualizar, diseñar y poner en marcha estrategias de adaptación a los eventos inducidos por el cambio climático, y así poder detener las trayectorias actuales de agotamiento, deterioro y contaminación ambiental.
- Desarrollo de capacidades de seguimiento y evaluación a este fenómeno planetario. Sobre esta base deberán descansar nuestras destrezas predictivas (anticipar impactos en cada uno de los subsistemas del sistema socioecológico: social, económico, natural e institucional). No se debe prescindir del seguimiento y evaluación de la modelación de variables climáticas y su relación con fenómenos como el ENSO, la oscilación del Atlántico Norte y la migración de la ITCZ, así como el establecimiento de alertas tempranas a sequías, inundaciones y deslizamientos, esto último con énfasis en el nivel local.
- Fortalecer administrativa y funcionalmente el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), por las funciones que este cumple en: reducir el impacto a desastres; regular el ciclo hidrológico, proveer estabilidad en las zonas marino – costeras; proveer medicinas, material genético y materiales de construcción; entre otros aspectos. Se deberá implementar los "corredores biológicos", mediante la conexión de áreas protegidas viables y representativas, a nivel de mesoescala e integrando esfuerzos internacionales (México, Belice, Honduras y El Salvador); la restauración de los ecosistemas degradados y el fomento de sistemas agroforestales.
- Impulsar una política de gestión integral del agua, así como una política hidráulica. La segunda, subordinada a la primera, encaminada a almacenar y conducir el agua, lo cual está íntimamente ligado al desarrollo de obras físicas. La primera, y con un enfoque más integral, se refiere al conjunto de acciones de la administración pública, a distintos niveles (nacional, regional, municipal y cuenca) y en distintos ámbitos (uso, conservación, almacenamiento, conducción, tratamiento, entre otros), que orientan al desarrollo, asignación, preservación y gestión de los recursos hídricos para el mayor alcance social.
- Revitalización de las capacidades nacionales en materia de investigación para el desarrollo de tecnologías apropiadas a las nuevas condiciones ambientales, con miras a enriquecer los sistemas de producción que se elijan para cada territorio. Algunas líneas de trabajo sugeridas son: mejoramiento genético de especies, para su resistencia a sequías y plagas asociadas; fomento de la producción bajo ambientes controlados; métodos de manejo y conservación de suelos y mejoramiento e implementación de sistemas de riego; todo con el fin de promover una adaptación progresiva al cambio climático.
- Finalmente, es importante hacer énfasis en la necesidad de asumir, desde ahora, una nueva forma de pensar con respecto al cambio climático y las implicaciones que este tendrá y tiene de alguna manera, en la vida cotidiana de todos los guatemaltecos.

22 de abril, día de la Tierra

Nuestro maltrecho sistema socio-ecológico[1]

"La calidad del medio natural depende del nivel de desarrollo del sistema país y el punto de partida, son las instituciones"

Juventino Gálvez
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar

Creo que una fecha conmemorativa como el **día de la tierra**, si para algo debe ser útil, es para recordarnos que las personas de manera individual, corporativa y en sociedad, hemos cometido excesos con los bienes naturales (agua, nutrientes minerales, flora, fauna y minerales en general) y las condiciones ambientales (temperatura, humedad del suelo y de la atmósfera y clima, principalmente), que ahora se nos revierten. También debe servir para recordar que somos los humanos los únicos seres vivos que estamos en condición y obligación de remediar las crisis que hemos generado.

En nuestro medio existe la tendencia a pensar -y por lo tanto a actuar a tono con ello- que debemos consumir intensamente nuestros bienes naturales, incluso hasta agotarlos, tal como muchos países del norte lo hicieron. A riesgo de simplificar demasiado, habrá que considerar que algunos de esos países, a través de poderosas política públicas distributivas, se aseguraron de utilizar los beneficios monetarios de los bienes naturales para construir capital social y establecieron regulaciones ambientales firmes para estabilizar y revertir problemas ambientales de carácter territorial. A nivel atmosférico, por supuesto, la situación fue diferente. El acelerado y desproporcionado crecimiento económico industrial condujo a niveles de emisión de gases con efecto de invernadero que han impulsado cambios en el clima, cuyas consecuencias ya padecemos en todo el planeta.

Resultaría sumamente inteligente y estratégico para nuestro país impulsar un modelo de gestión ambiental -y por lo tanto de desarrollo- acorde a nuestra realidad y aspiraciones que, entre otros aspectos, replique lo bueno y reprima lo malo de las experiencias del norte. En nuestro país, no sólo no hemos podido asegurar que la utilización de nuestros bienes naturales conduzca al bienestar social generalizado, sino que muchos de éstos se destruyen sin que tengan algún beneficio tangible.

Los problemas ambientales pueden definirse como el conjunto de hechos y circunstancias que se reflejan en agotamiento, degradación y contaminación del ambiente natural que repercuten en el bienestar social y la estabilidad del sistema país. Estos problemas, en nuestro caso, han alcanzado dimensiones de crisis porque para la mayoría de ellos, manteniendo el esfuerzo actual de gestión, está en duda la posibilidad de modificarlos y cesarlos.

El sistema socio-ecológico desarrollado por el argentino Gilberto Gallopín, adaptado por el IARNA-URL, y también utilizado como marco analítico para varias investigaciones, es útil para comprender nuestra realidad sistémica y establecer relaciones causa-efecto. Considera la coexistencia de cuatro subsistemas íntimamente relacionados: el económico, el social, el natural y el institucional.

Una aproximación básica, pero muy ilustrativa, al Sistema Socio Ecológico de Guatemala permite algunas explicaciones útiles. En la esfera del subsistema económico, la economía -conforme los valores constantes del PIB- ha crecido a un ritmo promedio de 3.5% en la última década, crecimiento que los expertos califican de mediocre, al mismo tiempo que señalan su concentración en pocos poseedores de los medios de producción. La estructura de la economía y las condiciones de soporte -como las carreteras, sistemas de riego, investigación, financiamiento, entro otros- es excluyente de tal manera, que más de la mitad de la población vive en condiciones de pobreza y padecen todas las secuelas de ésta. Los indicadores de nuestro subsistema social son desesperanzadores en general.

Consecuentemente, estas particularidades económico-sociales son directamente impulsoras de los problemas y las crisis en el subsistema natural. Por ejemplo, generan un promedio de 113.82 millones de toneladas de desechos sólidos -sólo 1.3% corresponde a los hogares- que se depositan en suelos y agua, prácticamente, sin tratamiento. Emiten un promedio anual de 45.6 millones de toneladas equivalentes de carbono -casi el 60% de éstas son atribuibles a los hogares, tanto por la combustión de leña como por la intensidad de uso de combustibles fósiles en el transporte, le siguen las actividades de generación, captación y distribución de energía eléctrica-.

Se utiliza o pierde un promedio anual de 32.5 millones de metros cúbicos de madera, lo cual se traduce en una pérdida bruta de más de 130,000 hectáreas de bosques naturales. Se utiliza un promedio anual de 32 millones de metros cúbicos de agua, la mayoría con un enfoque eminentemente extractivo - no hay inversiones para almacenamiento y distribución, y menos para garantizar recarga hídrica en las cuencas-.

En términos generales, al menos el 70% de la actividad económica depende directamente del subsistema natural. Como respuesta, a través del subsistema institucional -exageradamente modesto por cierto- se canalizan recursos que no van más allá del 0.6% del PIB, de lo cual, casi el 65% se utiliza para pago de salarios, de tal manera que las inversiones son prácticamente nulas.

En síntesis, nuestra condición de subdesarrollo se puede fácilmente comprender a partir de los desbalances someramente descritos. En contraposición, el desarrollo sólo será posible si mejoramos cuantitativa y cualitativamente en los cuatro subsistemas de manera simultánea. Bajo esta aproximación, la calidad del medio natural depende del nivel de desarrollo del sistema país y el punto de partida, son las instituciones. Instituciones conducidas por líderes genuinamente comprometidos con el desarrollo integral, y no con los negocios particulares.

1. Artículo publicado en Plaza Pública.

Referencias bibliográficas

1. Common, M. y Stagl, S. (2008). *Introducción a la economía ecológica.* Barcelona: Reverté.
2. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). (1998). T*erminology for integrated resources planning and management.* Rome, Italy: Author. Recuperado de: www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/landglos.pdf
3. Getis, A., Getis, J & Fellmann, J. (1988). *Introduction to geography.* Dubuque (Iowa): Wm. C. Publishers.
4. IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala con un enfoque ecosistémico.* Guatemala: Autor.
5. IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2010). Perfil ambiental de Guatemala 2008 – 2009. *Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo (serie Perfil Ambiental No. 11).* Guatemala: Autor.
6. 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).* Ginebra: OMM/PNUMA.
7. OMM (Organización Meteorológica Mundial). (2003). *Nuestro clima futuro.* Ginebra: Autor. Recuperado de: www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/WMO952-S.pdf.
8. OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2011. *El clima y tú. Ginebra: Autor.* Disponible en: www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/WMO1071_es.pdf.
9. Stern, N. (2007). *Stern review: la economía del cambio climático.* HM Treasury. Recuperado de: www.sternreview.org.uk

Glosario

Biodiversidad: sinónimo de "vida en la tierra". Diversidad de organismos vivos, los genes que contienen y los ecosistemas en los que existen.
Biósfera: espacio de la Tierra en donde se desarrolla la vida. Uno de los sistemas principales del planeta Tierra.
Coevolución: proceso mediante el cual el medio ambiente en el que está evolucionando una población, también se va modificando debido a la evolución de las poblaciones que lo integran.
Criósfera: espacio en donde el agua se encuentra en estado sólido.
Ecosistema: sistema de organismos vivos y su medio ambiente abiótico.
Especie: conjunto de individuos capaces de reproducirse entre sí.
Evapotranspiración potencial: la máxima cantidad de agua que una determinada región es capaz de perder, en un intervalo de tiempo dado, por procesos de evaporación provenientes del suelo y de la vegetación.
Evapotranspiración: cantidad de agua transferida a la atmósfera debido a la evaporación que se genera en la superficie de los suelos y en los procesos de transpiración de las plantas.
Partes por millón (ppm): proporción de la concentración de una sustancia con respecto a la concentración de otra; 1 ppm puede equivaler a 1 mg de sustancia por kg de sólido, 1 mg de sustancia por litro de líquido ó 1 mg de sustancia por m^3 de gas.
Productividad primaria: tasa a la que las plantas crean materia orgánica y que, en general, se mide en energía por unidad de superficie por unidad de tiempo.
Resiliencia: mantenimiento de la integridad funcional de un ecosistema en presencia de alteraciones.
Sumideros: procesos que eliminan los gases de invernadero de la atmósfera.

OBSERVATORIO AMBIENTAL

El Observatorio Ambiental de Guatemala (OAG), es una iniciativa académica que pretende plantear marcos analíticos y metodológicos, así como rutas de acción concretas para asumir la gestión balanceada de los subsistemas natural, social, económico e institucional, y generar opinión pública a favor de estos planteamientos. Dicha iniciativa alberga el desafío de replantear patrones de uso de bienes y servicios naturales a partir de los límites que estos plantean.

Los objetivos del OAG son:

- Proveer elementos conceptuales, metodológicos y operativos para provocar y consolidar relaciones más armónicas entre los subsistemas natural, social, económico e institucional.
- Generar propuestas para revertir procesos de deterioro ambiental que tienen su origen en los subsistemas económico y social, y que se sustentan en una débil institucionalidad pública y en una institucionalidad privada poco comprometida.
- Proveer información confiable y de manera oportuna acerca de la situación de los componentes ambientales y la relación de éstos con la viabilidad económica y social.
- Ayudar a construir las bases de un sistema educativo nacional que valore, en su justa dimensión , al subsistema natural de Guatemala.
- Ayudar a establecer las bases de un pacto ambiental nacional y apoyar la implementación de sus instrumentos.
- Fortalecer movimientos sociales, grupos empresariales y entidades de carácter público con información y conocimiento científico acerca del subsistema natural y sus relaciones recíprocas con los subsistemas económico, social, e institucional.

Textos:

Raúl Maas
Juventino Gálvez

Con base en: IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Elementos para analizar sus interacciones en Guatemala, con enfoque sistémico.* Guatemala: Autor.
Disponible en **www.infoiarna.org.gt**

Edición:

Raúl Maas
Juventino Gálvez
Cecilia Cleaves

Contactos

Raúl Maas
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA)
Universidad Rafael Landívar, Vista Hermosa III, Campus Central, zona 16
Tel: 2426-2559 ó 24262626, ext. 2657, Fax: ext. 2649
iarna@url.edu.gt
http://www.url.edu.gt/iarna
http://www.infoiarna.org.gt

Directorio del Observatorio Ambiental de Guatemala

Comité de dirección: Juventino Gálvez, Edgar Gutiérrez y Virgilio Reyes
Comité técnico: Raúl Maas, Magaly Arrecis, Claudia Donis, Juan Pablo Castañeda y Ottoniel Monterroso
Director ejecutivo: Raúl Maas
http://www.oag.org.gt

Con el auspicio de: Reino de los Países Bajos · Universidad Rafael Landívar, Tradición Jesuita en Guatemala · iarna, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR