

EL IMPACTO DE LOS HURACANES EN LA BIODIVERSIDAD DEL ESTADO DE VERACRUZ

Enrique Portilla Ochoa¹
Alonso I. Sánchez Hernández¹
Daniela Hernández Meza¹

Resumen

Se analizan algunos aspectos de la situación actual de la biodiversidad en el estado de Veracruz resaltando su importancia a nivel nacional como una entidad megadiversa. A la vez se revisan las principales amenazas a la riqueza biológica que presenta el estado, entre ellas la que deriva de los huracanes. Un aspecto pocas veces difundido es el análisis de los efectos directos e indirectos ya sean negativos o positivos sobre la biodiversidad de estos fenómenos meteorológicos. Este enfoque se encuentra en una revisión bibliográfica de los trabajos de investigación realizados antes y después de los huracanes en la región del Caribe y la costa noreste de Estados Unidos, el cual pone de relevancia la necesidad de crear un sistema de monitoreo del impacto de los fenómenos hidrometeorológicos sobre la biodiversidad en el estado de Veracruz. Se esperaría que Veracruz, al ser un sitio con alta biodiversidad, experimente modificaciones en la estructura y composición de sus ecosistemas y las especies que contienen, así como en los procesos biológicos sujetos a impactos.

Palabras clave: biodiversidad, efectos directos e indirectos, ecosistemas, procesos biológicos.

Abstract

Some aspects of the present biodiversity in the state of Veracruz are analyzed, highlighting its' importance on a national level as a mega diverse entity. The main threats to the biological richness of the state are also revised, among which the hurricane is highlighted. An aspect which is rarely broadcasted is the analysis of the direct and indirect effects on biodiversity, independent of being positive or negative, of such meteorological phenomena.

¹ Área Biología de la Conservación, Instituto de Investigaciones Biológicas. Universidad Veracruzana. A.P. 294, zona centro, C.P. 91000. eportilla@uv.mx, alosanchez@uv.mx, dymar15@yahoo.com.mx

The above mentioned focus can be found in a bibliographical revision of research carried out before and after the hurricanes in the Caribbean region and on the northeast coast of the United States, which highlights the need to create a system to monitor the impact of such hydro-meteorological phenomena on the biodiversity of the state of Veracruz. It is supposed that Veracruz, a place with such a high level of biodiversity, would suffer structural and compositional modifications to the eco-systems and the species found there, as to the biological processes subject to such impacts.

Key words: biodiversity, direct and indirect effects, eco-systems, biological processes.

Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo poner de relieve que, pese a que Veracruz puede ser considerado un estado con una alta diversidad biológica y que es una de las entidades federativas de la República Mexicana más estudiadas, es también un estado donde las amenazas a su riqueza biológica están ampliamente documentadas aunque de manera dispersa y para algunas regiones. Amenazas como la pérdida de hábitats, la sobreexplotación y extinción de especies, la pérdida de germoplasma, entre otras, aparecen recurrentemente en la literatura científica. Sin embargo, amenazas a la biodiversidad de nuestro estado debido a catástrofes naturales como los huracanes, están poco o nada documentadas.

Siendo Veracruz un estado sujeto a la influencia de este tipo de fenómenos meteorológicos debido a su ubicación de cara al Golfo de México, al Atlántico y a la región del Caribe, ha desarrollado programas de prevención que atenúan los efectos sobre las poblaciones humanas y aun sobre actividades productivas como la agricultura y la ganadería; también tiene mecanismos para estimar los daños y los costos económicos que estas catástrofes provocan. No ha sucedido lo mismo para prevenir y medir el impacto sobre la base natural: ecosistemas, hábitats y especies.

En ese sentido, nos hemos propuesto realizar una revisión bibliográfica de estudios realizados en la Región del Caribe, la Costa Oriental de Estados Unidos y algunas islas del Atlántico que nos dan información sobre cómo enfocar investigaciones de este tipo y que, al existir un enorme vacío de información en nuestro estado, pudieran orientar futuros proyectos de investigación.

Debemos destacar que los huracanes son importantes para la biodiversidad no sólo por sus efectos negativos, sino también positivos, tanto directos como indirectos. Uno de los casos más ilustrativos de los efectos benéficos de los huracanes en la biodiversidad es el de las selvas perennifolias: la caída de árboles y la formación de claros en el dosel detona la germinación y el crecimiento de diferentes especies de árboles, además que explica la gran heterogeneidad de ambientes que se presentan en este tipo de vegetación. Pero también la caída masiva de árboles puede representar un peligro como madera muerta en la época de sequía pues pueden potenciar los incendios.

No tenemos mucha información, por ello se propone establecer un sistema de monitoreo del impacto de los fenómenos meteorológicos sobre la biodiversidad en Veracruz.

La biodiversidad en Veracruz

La biodiversidad de un país se refleja en los diferentes tipos de ecosistemas que contiene, el número de especies que posee, el cambio en la riqueza de especies de una región a otra, el número de endemismos, las subespecies y variedades o razas de una misma especie, entre otros (CONABIO, 1998). Asimismo, el concepto de biodiversidad se refiere en general a la variabilidad de la vida; incluye los ecosistemas terrestres y acuáticos, los complejos ecológicos de los que forman parte, así como la diversidad entre las especies y dentro de cada especie. Puesto en términos simples, la biodiversidad o diversidad biológica se refiere a la riqueza o variedad de formas vivientes que existen en el planeta: enormes constelaciones de plantas y animales y

microorganismos, sostenidos todos como entes vivientes debido a un cúmulo de información genética aún mayor, y acomodados en forma compleja en los biomas o ecosistemas que caracterizan el planeta: selvas, desiertos, bosques templados (Dirzo, 1990). Por todo lo anterior, México se considera un país megadiverso junto con Brasil, Perú, Ecuador, entre otros, ya que en conjunto albergan entre el 60 y 70% de la biodiversidad del mundo CONABIO (*op. cit.*). Del mismo modo y de manera muy particular, Veracruz cumple con estas características, considerando la variabilidad de ecosistemas que posee (desde páramos de altura hasta ecosistemas marinos).

La diversidad de especies es el número de ellas diferentes que conviven en un área geográfica determinada. México ocupa el primer lugar en el mundo en riqueza de reptiles (707), el segundo en mamíferos (439) y el cuarto en anfibios (282) y plantas (26,000). En las entidades federativas del país, Veracruz, junto con Oaxaca, Chiapas y Guerrero son los más importantes en cuanto a riqueza de especies se refiere para algunos grupos de plantas vasculares, hongos, artrópodos y vertebrados. La flora de Veracruz se estima en 8 mil especies. Comparte con Oaxaca y Chiapas uno de los últimos reductos de selvas altas y medianas, la zona de Uxpanapa, considerada internacionalmente como un centro de diversidad de plantas. Asimismo, Veracruz ocupa el tercer lugar nacional en cuanto a diversidad de vertebrados (Flores y Gerez, 1994; CONABIO, *op. cit.*). Veracruz es uno de los cuatro estados con mayor número de gramíneas endémicas de distribución restringida, tiene 55 especies reconocidas por Valdés y Cabral (1993). En este mismo contexto, Veracruz presenta 19 tipos de vegetación (tabla 1) por lo que es uno de los estados más diversos en tipos de hábitat. Los tipos de vegetación con mayor número de especies en Veracruz son los bosques mesófilos de montaña, de *Quercus*, de coníferas y tropical perennifolios.

Tabla 1. Tipos de vegetación del estado de Veracruz según INEGI, 1988 (modificado de Flores y Gerez, 1994).

Tipos de vegetación	
1. Pradera de alta montaña	10. Selva mediana subcaducifolia
2. Bosque de oyamel	11. Selva baja caducifolia
3. Bosque de pino	12. Matorral desértico rosetófilo
4. Bosque de pino-encino	13. Sabana
5. Bosque de encino-pino	14. Palmar
6. Bosque de encino	15. Manglar
7. Bosque mesófilo de montaña	16. Popal
8. Selva alta perennifolia	17. Tular
9. Selva mediana subperennifolia	18. Vegetación de dunas costeras
19. Vegetación secundaria de selva alta perennifolia, selvas medianas subperennifolia y subcaducifolia y selva baja caducifolia	

Por otro lado, de acuerdo con el Estudio de País elaborado por CONABIO (*op. cit.*) los grupos taxonómicos presentes en el estado de Veracruz descritos en la tabla 2 demuestran que la riqueza de especies es alta (6,093), distribuidas en los 19 tipos de vegetación que presenta el estado. De acuerdo a esto, la relevancia en términos de biodiversidad que tiene Veracruz se considera preponderante para su conservación. No obstante las fuerzas antropogénicas a las que está sujeta esta biodiversidad, eventos estocásticos como huracanes y tormentas tropicales son una fuente más de presión sobre los ecosistemas y especies. Los impactos provocados por estos eventos meteorológicos pueden llegar a modificar la distribución y/o viabilidad de ciertas especies dependiendo de la etapa reproductiva presente cuando ocurre un meteoro de esta naturaleza.

Tabla 2. Riqueza de especies registradas en el estado de Veracruz (CONABIO, 1998).

Grupo Taxonómico	Número	Grupo Taxonómico	Número
Musci	482	Malacodermata	131
Pteridofitas	508	Cerambydae	365
Quercus	46	Apoidea	284
Agavaceae	25	Vespidae	100
Commelinaceae	34	Formicidae	157

Compositae	309	Tortricidae	60
Gramineae	338	Hesperiidae	0
Lamiaceae	40	Papilionidae	41
Nolinaceae	3	Pieridae	56
Myxomycetes	106	Nymphalidae	297
Palpigradi	1	Lycaenidae	320
Schyzomidae	4	Mecoptera	2
Amblypyyi	2	Siphonaptera	19
Solifugae	3	Ceratopogonidae	29
Ricinulei	1	Simulidae	44
Araneae	374	Culicidae	152
Cambaridae	16	Mydidae	6
Ephemeroptera	33	Peces	62
Odonata	202	Anfibios	64
Plecoptera	4	Reptiles	130
Psocoptera	255	Aves	664
Thysanoptera	149	Mammalia (terrestres)	93
Rhaphidioptera	0	Mammalia (voladores)	77
		Mammalia (marinos)	8
Total			6093

Amenazas a la biodiversidad en Veracruz

La manera más simple de percibir la crisis de la biodiversidad es mediante la reducción del tamaño de las poblaciones silvestres ocasionadas por 1) sobreexplotación por parte del hombre, incluyendo actividades legales (como la pesca) e ilegales (como el tráfico de especies amenazadas); 2) destrucción de hábitats causada por diversas actividades productivas que incluyen principalmente la deforestación; 3) los efectos negativos de las interacciones con enemigos naturales introducidos o favorecidos por las actividades humanas (como depredadores, patógenos y competidores); 4) la influencia de compuestos químicos y tecnologías utilizados en la fertilización de suelos, fumigación de cultivos y la construcción de grandes obras de ingeniería (contaminación); 5) por catástrofes naturales tales como incendios, erupciones, inundaciones y terremotos (Ehrlich y Ehrlich, 1992; WCMC, 1992; CONABIO, 1998). En las catástrofes naturales mencionadas arriba debemos agregar los huracanes y las tormentas tropicales.

Veracruz tiene el mayor número de especies amenazadas registradas, alcanzando la cifra de 108 fanerógamas y 29 hongos. Esta cifra es tal vez el reflejo del mejor conocimiento que se tiene sobre la flora del estado. Entre las fanerógamas registradas por Vovides y Medina hay 6 especies extintas, 16 en peligro, 22 vulnerables, 21 insuficientemente conocidas, 14 en situación indeterminada, 22 raras y 7 que no han sido recolectadas desde el siglo pasado.

La deforestación y pérdida de hábitats originadas por el cambio de uso del suelo para actividades agrícolas y ganaderas y extracción ilegal de madera, se documenta ampliamente en el Programa Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas (CONANP, 2004). Entre 1967 y 1991 desaparecieron 59,276 ha de selvas y bosques, de una superficie inicial en 1967 de 96,640 ha, lo que arrojaba un promedio anual de deforestación de aproximadamente 2,000 ha (Ramírez R., 1993); actualmente se tienen fragmentos o manchones de vegetación rodeados por cultivos anuales o terrenos dedicados a la ganadería, a excepción de las áreas que comprenden las zonas de núcleo de la Reserva lo que se traduce en la reducción de espacios para especies de flora y fauna con requerimientos específicos para cumplir sus ciclos de vida: reproducción, caza y alimentación, territorios, enriquecimiento genético, dispersión y permanencia.

También en Los Tuxtlas tenemos claros ejemplos de la pérdida de diversidad biológica de especies. En el área han desaparecido permanentemente algunas de las especies como el águila arpía (*Harpya harpyja*), la guacamaya roja (*Ara macao*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), tapir (*Tapirus bairdii*), manatí (*Trichechus manatus*), jaguar (*Pantera onca*), el puma (*Puma concolor*), entre otras (CONANP, *op. cit.*).

El caso de las variedades introducidas, principalmente de maíces mejorados, provoca la pérdida del germoplasma local; el uso creciente de herbicidas en el sistema de la milpa ocasiona la desaparición de varias especies asociadas a este cultivo (como quelites, calabazas y diferentes variedades de frijol).

Por otro lado, la tendencia creciente al uso de herbicidas para eliminar la competencia de plantas herbáceas con los pastos para ganadería ha originado la existencia de una diversidad regional de 80 especies distintas de gramíneas inducidas a partir de actividades antropogénicas, principalmente desmonte, quema y pastoreo (PRODERS-SEMARNAT, 1997).

Los cambios en el uso del suelo

Flores y Gerez (*op. cit.*) mencionan que en 1981, de acuerdo al Plan de Políticas Ecológicas (SAHOP, 1981) el 63.6% del estado estaba dedicado a usos agropecuarios; en 2000, de acuerdo al Inventario Nacional Forestal este porcentaje es de 76.3% (Palacio, 2000) lo que significa que los cambios en el uso del suelo se incrementaron cerca del 13.0% (tabla 3). En el Programa de Ordenamiento Territorial de Veracruz, se analizan los cambios en el uso del suelo de 1976-2000 y se puede identificar la dominancia de agricultura y pastizales a la vez que un deterioro en la superficie de zonas boscosas principalmente de selvas medianas caducifolias y subcaducifolias, bosques de coníferas latifoliadas y de bosque mesófilo de montaña (POVT 2006).

Tabla 3. Estadísticas derivadas de INF 2000 a nivel de “comunidad” para el estado de Veracruz (modificado de Palacio *et al.*, 2000).

No.	Comunidades	Ha	%
1	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	148 200	2.2
2	Agricultura de humedad	59 200	0.9
3	Pastizal cultivado	3 154 500	46.2
4	Agricultura de temporal	1 845 700	27.0
5	Bosque de táscate	200	0.0
6	Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	4 600	0.01
7	Bosque de pino	79 700	1.2
8	Bosque de pino-encino(incluye encino-pino)	37 400	0.5
9	Bosque de encino	56 700	0.8
10	Bosque mesófilo de montaña	136 200	2.0
11	Selva alta y mediana perennifolia	648 600	9.5
12	Selva baja perennifolia	1 400	0.0
13	Selva alta y mediana subperennifolia	162 900	2.4
14	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	28 600	0.4
15	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	77 000	1.1
16	Matorral crasicaule	700	0.0
17	Matorral desértico rosetófilo	10 100	0.1
18	Matorral submontano	200	0.0
19	Pradera de alta montaña	2 700	0.0
20	Sabana	36 000	0.5
21	Pastizal inducido	44 800	0.7
22	Manglar	39 200	0.6
23	Popal-tular	92 600	1.4
24	Vegetación de galería	1 300	0.0
25	Palmar	3 000	0.0
26	Vegetación halófila y gipsófila	17 800	0.3
28	Vegetación de dunas costeras	15 400	0.2
29	Área sin vegetación aparente	4 500	0.1

El incremento de la agricultura de riego y humedad se ilustra claramente en el norte del estado (figuras 1 y 2); la reducción y fragmentación en la superficie de la vegetación hidrófila (manglar, tular popal) y de palmares se ilustra en las (figuras 3 y 4); finalmente, la fragmentación y desaparición de bosques de encino y pino encino en el sur de la región de Los Tuxtlas, así como la dramática reducción de las selvas en esta misma zona se puede ver en las (figuras 5 y 6).

Figura 1.

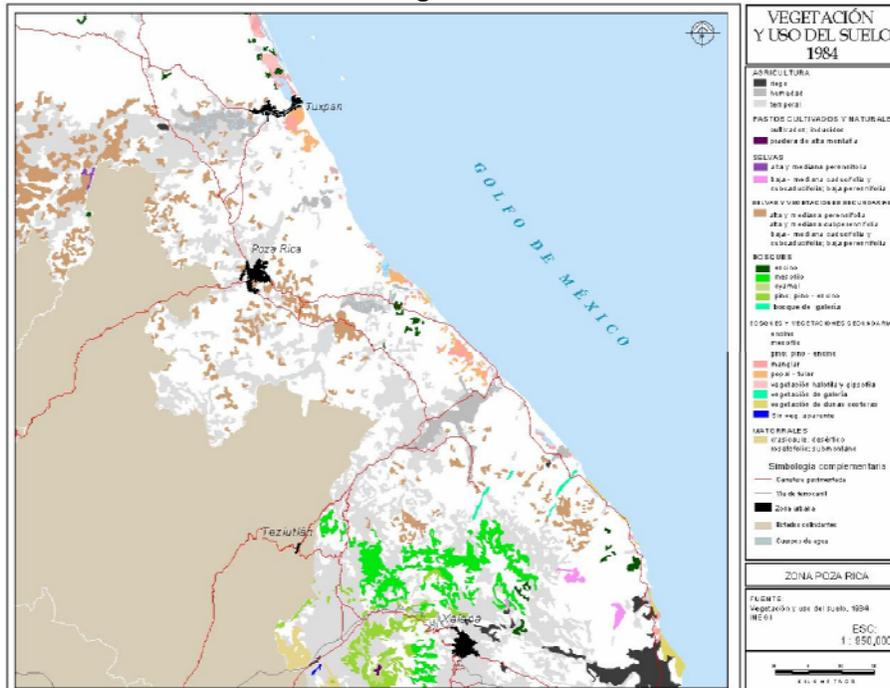


Figura 2.

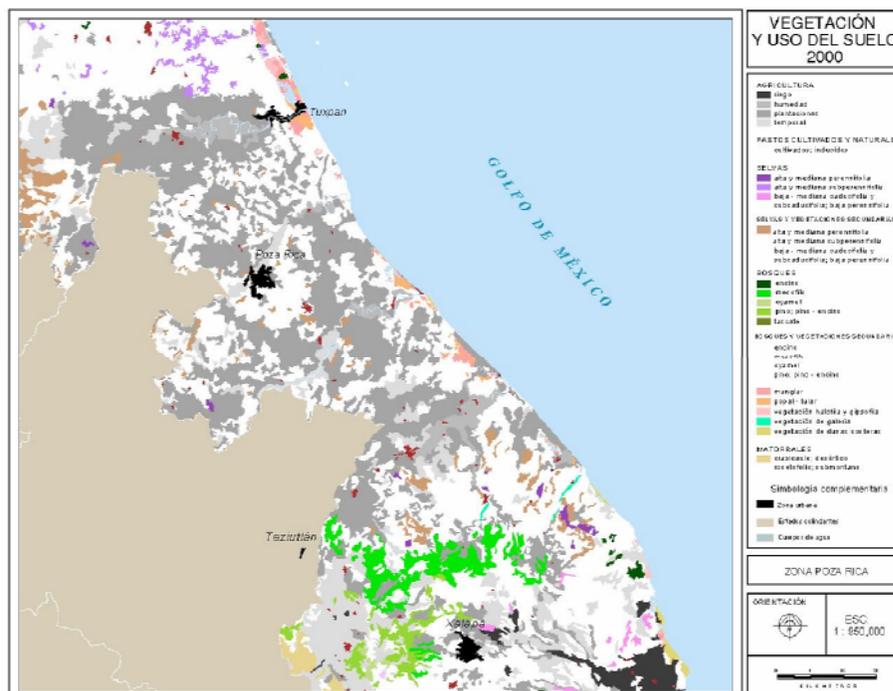


Figura 3.

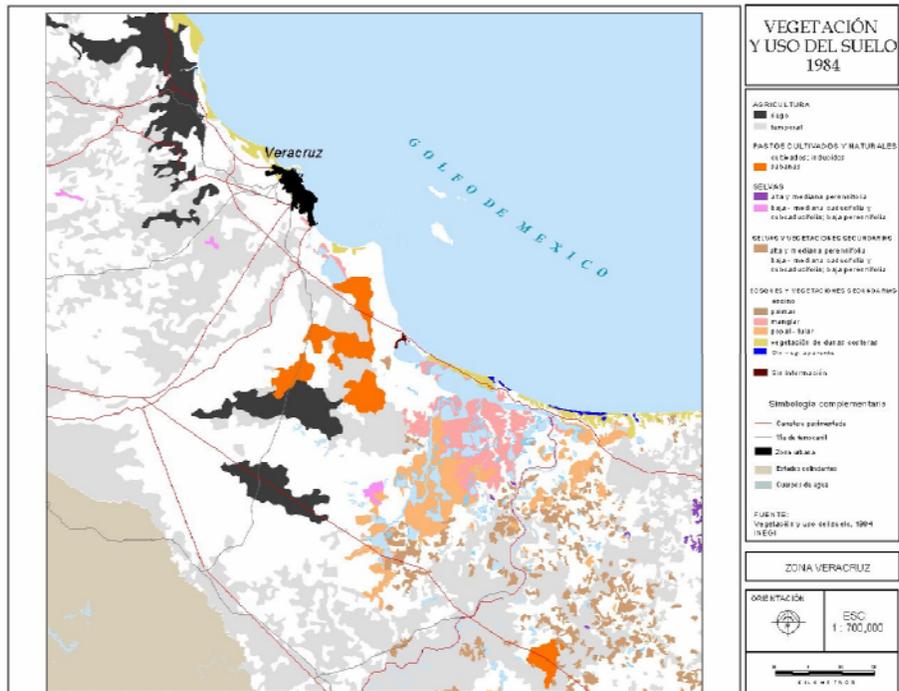


Figura 4.

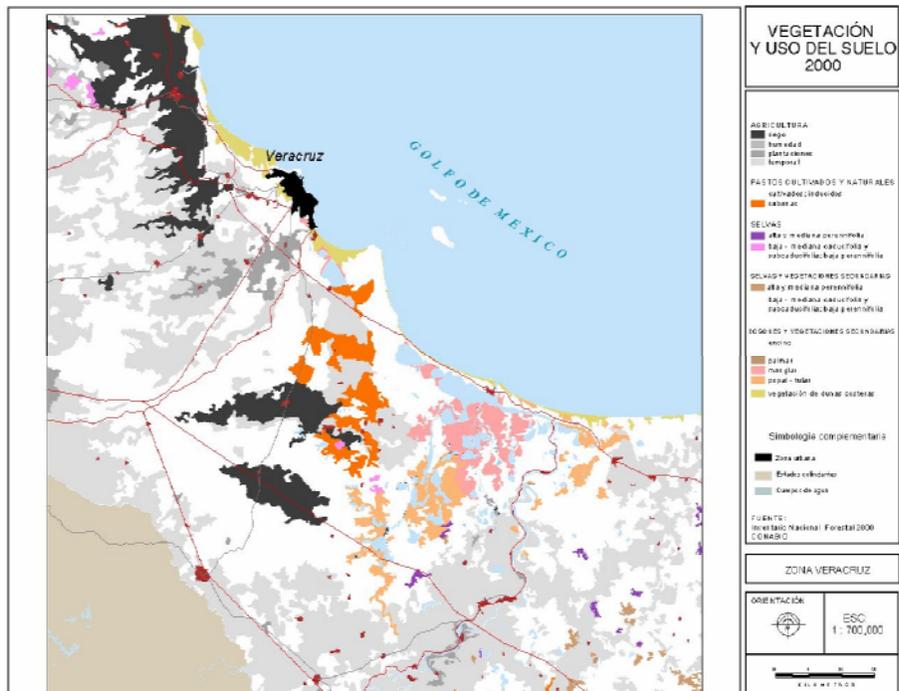


Figura 5.

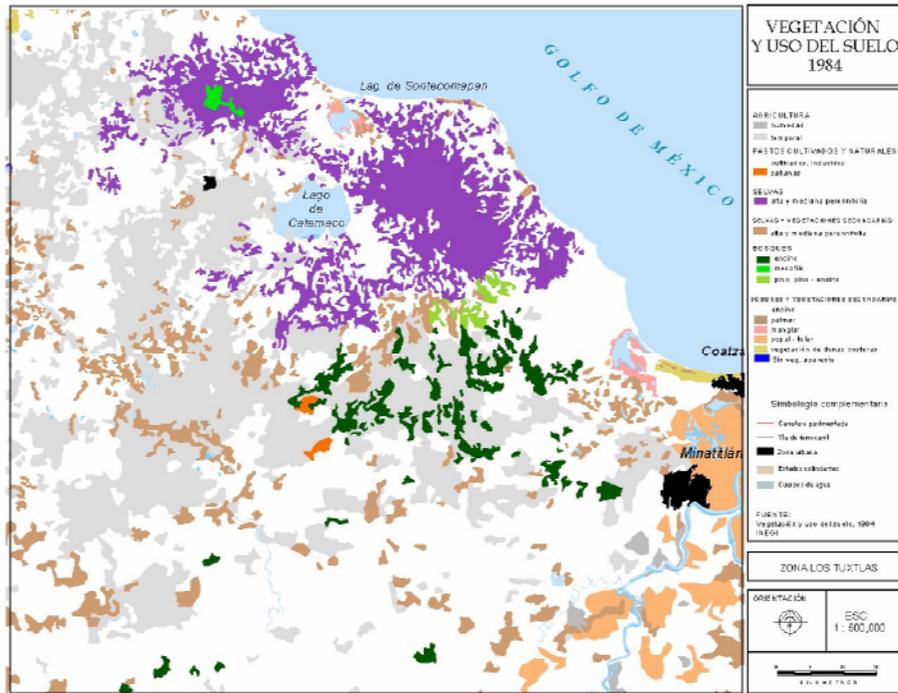
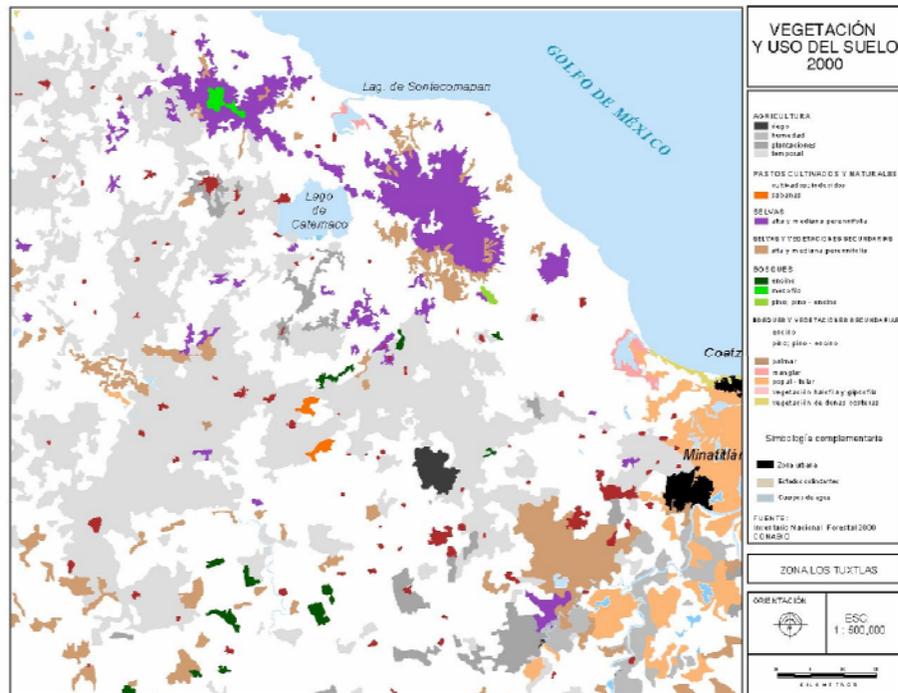


Figura 6.



Los huracanes en el Golfo de México y Veracruz

Si antes éramos únicamente espectadores de las variaciones meteorológicas o climáticas, ahora nos hemos transformado en participantes activos de las alteraciones del medio. Hoy, gracias al excesivo uso de energéticos, a las prácticas agrícolas inadecuadas y a la modificación irracional de los recursos naturales, estamos contribuyendo a aumentar la temperatura de la atmósfera y, en consecuencia, a propiciar desequilibrios peligrosos (Elena, 1989). Los huracanes o ciclones tropicales son las tormentas más devastadoras que ocurren en los trópicos. Tanto la violencia de los vientos que arrasa construcciones y derriba árboles y postes, como la subsecuente inundación que ocasiona la marejada, redundan en enormes pérdidas -humanas y materiales- en la economía de los países expuestos a este fenómeno natural (Jáuregui, 1989).

Una revisión de los efectos de los huracanes

En el ámbito científico, desde hace algunas décadas, el tema de los huracanes ha sido abordado, y uno de los aspectos que ha sido estudiado es el impacto sobre la biodiversidad, principalmente costera. Uno de los primeros trabajos fue desarrollado en 1959 por Goreau, quien analizó la relación entre la frecuencia de las tormentas y la estructura de los arrecifes coralinos de Jamaica. De hecho, la mayor parte de los trabajos sobre huracanes y biodiversidad proviene de la región del Caribe, en el Océano Atlántico, en cuya región han tenido origen los huracanes más devastadores. De acuerdo a lo anterior, la región del Caribe y la costa noreste de Estados Unidos han sido los más estudiados, quedando desgraciadamente un vacío de información para el Golfo de México, específicamente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche, no obstante la gran biodiversidad presente.

Aun con todo, los estudios realizados en otras regiones brindan líneas de trabajo que pueden ser desarrolladas para cubrir regiones como el Golfo de México, y así asegurar un continuo de información sobre el paso de los huracanes y su efecto sobre la biodiversidad. A partir de dicha revisión podríamos considerar los siguientes estudios como base para trabajos posteriores, desarrollados específicamente para el estado de Veracruz.

En primera instancia, Vázquez *et al.* (2000), hacen una amplia descripción del litoral del Golfo de México en la que aunada a la diversidad biológica existente mencionan las presiones antrópicas a las que están sujetas las especies faunísticas y vegetales, así como a la presencia de eventos estocásticos que afectan los ciclos biológicos de las mismas. Indican que las iniciativas para el desarrollo sustentable en la región no han sido del todo adecuadas en términos de recursos financieros para proteger la biodiversidad.

Un aspecto relevante de los records históricos de los huracanes que deben ser tomados en cuenta para medir el impacto de los mismos, es el mostrado por Caviedes (1991) que sugiere, por un lado, que pueden percibirse periodos de años con baja frecuencia de huracanes, así como periodos de alta frecuencia, y éstos pudieran estar asociados a los fenómenos Niño y Anti-Niño. Asimismo, Michener *et al.* (2001), complementan al sostener que el cambio climático afecta entre otras cosas la temperatura y los patrones de precipitación pluvial, la circulación oceánica y atmosférica, el nivel del mar y la frecuencia, intensidad, duración y distribución de huracanes y tormentas tropicales. Asimismo, la magnitud de estos factores y su subsecuente impacto sobre los humedales costeros varían regionalmente. En relación a lo anterior, la costa noroeste de los Estados Unidos ha estado sometida naturalmente a regímenes de variación en el nivel del mar y a modelos específicos de frecuencia, intensidad y duración de huracanes. El impacto de huracanes sobre la franja costera puede alterar la hidrología costera, geomorfología, estructura biótica y los ciclos de energía y nutrientes. Asimismo, Pascarella *et al.* (2004) sugieren que los huracanes contribuyen en una escala regional y paisajística en la modificación de la estructura y composición de las especies.

Asimismo, en aspectos vegetacionales, Pascarella *et al.* (2004), estudiaron la dinámica, estructura y composición de especies en bosques secundarios en Puerto Rico después del paso del huracán George, las cuales se modificaron notablemente al descender la densidad de árboles

de las categorías de DAP más bajas mientras que las mayores tuvieron un mejor desarrollo. En estudios de monitoreo *a posteriori*, destaca el trabajo de Vandermeer y Granzow de la Cerda (2004), quienes reportan 14 años de monitoreo del crecimiento de árboles de un bosque tropical lluvioso en Bluefields, Nicaragua, a partir del impacto del huracán Joan en 1988. Ellos reportan un crecimiento elevado en árboles ubicados en el dosel del bosque después del huracán, así como una intensa competencia con los árboles ubicados abajo del dosel, corroborada con una alta mortalidad de estos últimos. Sugieren que en el contexto de los impactos de un huracán, éstos podrían preservar la diversidad de especies. Del mismo modo, Granzow de la Cerda *et al.* (1997) realizaron un estudio de monitoreo sobre la riqueza de especies en un bosque tropical húmedo de Nicaragua, sugiriendo en su hipótesis que eventos catastróficos como el huracán Joan, en 1998, incrementa la diversidad de especies de árboles. Para ello, muestrearon bosques perturbados por el huracán y bosques no perturbados. De acuerdo a lo anterior, al final de siete años concluyeron que la riqueza de especies en bosques perturbados fue mayor que en bosques no perturbados (50% aproximadamente). Otro estudio que sobresale es el de Sánchez e Islebe (1999), quienes estudiaron el impacto del huracán Gilberto en 1998 sobre la vegetación del Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín. A partir de dicho estudio registraron una defoliación de casi el 100% de árboles y plantas del sotobosque; por otro lado, observaron una disminución en la densidad de árboles, área basal, densidad y cobertura. No obstante, la variable riqueza específica tuvo un decremento mínimo después del huracán. En un trabajo similar, Conner e Inabinette (2003), monitorearon a lo largo de diez años (1991-2001) nueve especies arbóreas de tres humedales de la costa noreste de Estados Unidos, que fueron afectadas por el paso del huracán Hugo. Concluyeron que el influjo de agua salada sobre los humedales ocasionó mortalidad en más de cinco especies arbóreas, e incluso que la mortalidad fue persistente a lo largo de varios años después del paso de un huracán, al haber causado mortalidad en los bancos de semillas. Debido a lo anterior, se sugiere que los impactos de los huracanes y tormentas tropicales pueden afectar seriamente a las especies si lo hacen en alguna etapa de su vida reproductiva, mientras que en otras especies no es tan evidente el daño. Un caso particular en el que el efecto de un huracán modificó la distribución de una especie fue registrado por Bellingham *et al.* (2005) quienes encontraron que en el bosque tropical lluvioso de Jamaica, la especie de árbol *Pittosporum undulatum* aumentó su distribución a partir de 1974 hasta 2004. De acuerdo a los autores, el área basal de esta especie fue correlacionada positivamente con el área basal perturbada en 1988 por un huracán.

No obstante que los efectos de los huracanes hasta ahora vistos han modificado la estructura de la biodiversidad, hay algunos ejemplos que demuestran la existencia de efectos positivos y negativos sobre un sitio en particular. Tal y como lo demuestra Roth (1992) quien realizó un estudio antes y después del huracán Joan en 1988 sobre los bosques de manglar en la Isla del Venado en Nicaragua, en donde concluyó que el impacto del huracán afectó negativamente, reduciendo el índice de complejidad de los bosques; sin embargo, sugiere que se promovió la regeneración potencial de todas las especies de mangle allí presente. Este último proceso se considera como un efecto positivo sobre la fase reproductiva de las especies con respecto al paso del huracán.

En cuanto a trabajos sobre fauna los estudios científicos no son abundantes, debido sobre todo a la movilidad de las especies durante eventos estocásticos como los huracanes, principalmente en el continente. No obstante, las islas son un lugar en el que las especies faunísticas son limitadas en su movilidad por el tamaño de las mismas islas; en este sentido, Schoener *et al.* (2001), monitorearon la recuperación natural de poblaciones de lagartijas en 66 islas de la región de las Bahamas. En dicho trabajo, los autores consideran variables como la altitud y tamaño de las islas, intensidad y duración de los huracanes, y la etapa reproductiva de las especies. Concluyen, por un lado, que el impacto de los huracanes sobre las especies tiene que ser evaluado en términos de intensidad y duración; y por otro, que la etapa reproductiva de las especies en los momentos en que se presenta un huracán es determinante para la sobrevivencia y recuperación de las mismas.

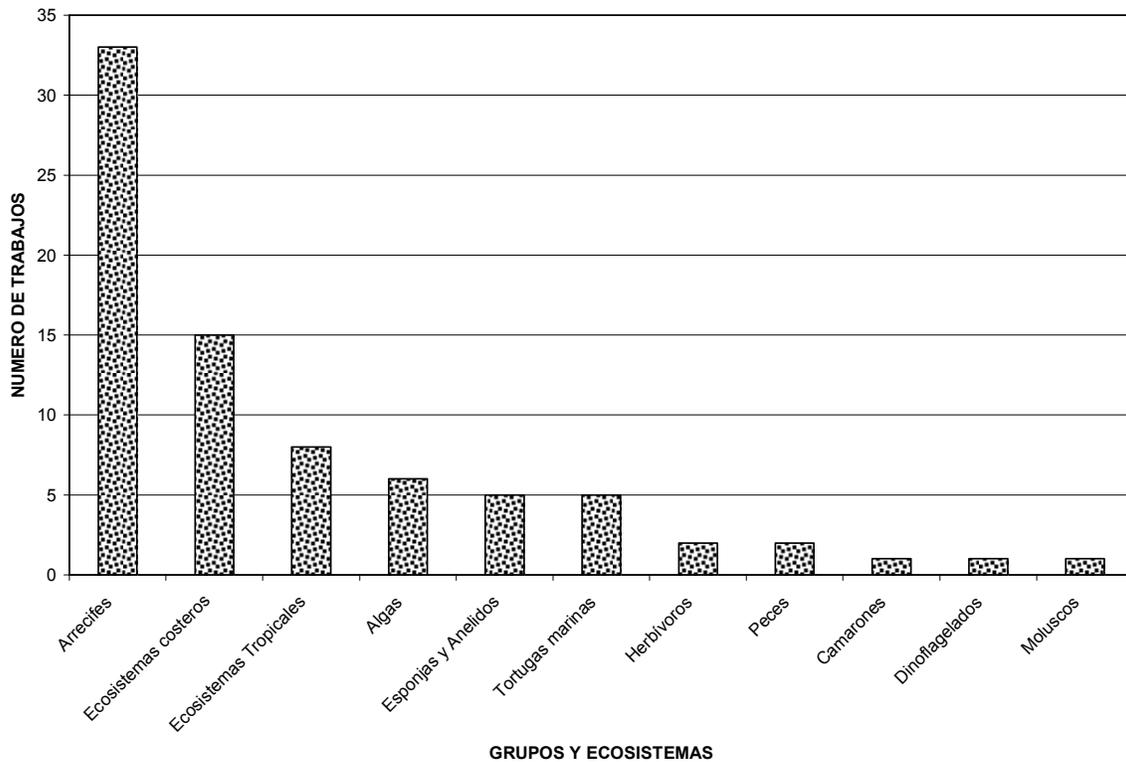
En el caso de los aspectos abióticos que han sido estudiados en relación a los huracanes, Davis y Yan (2004), a través del uso de sensores remotos, mencionan que en la costa noreste de Estados Unidos el paso de siete huracanes aumentó significativamente la concentración de clorofila en el agua. En este sentido, las perturbaciones causadas por los huracanes sobre la

escala biológica constituyen fuertes y persistentes eventos que proveen evidencia sobre la variación de la clorofila en el agua.

Finalmente, pero no menos importante, la salud pública ha sido otro de los enfoques atendidos por los científicos. Guzmán-Tapia *et al.* (2005) mencionan el incremento de *Trypanosoma cruzi*, responsable de la enfermedad de Chagas en los meses subsecuentes al paso del huracán Isidoro, mediante un estudio en 34 comunidades de la península de Yucatán.

Una revisión por demás interesante sobre huracanes en zonas costeras es el de Salazar-Vallejo (2002), quien menciona publicaciones científicas que hacen énfasis en el estudio de los huracanes y su efecto sobre la biodiversidad en la región del Caribe que incluye el Océano Atlántico, Centroamérica y su parte correspondiente del Océano Pacífico. En la figura 7 se muestran los principales grupos y ecosistemas que han sido estudiados por científicos a partir de 1983 a 2001. El ecosistema arrecifal es el que más estudios científicos tiene desarrollados contrastando con los pocos estudios realizados en ecosistemas tropicales (i.e. selvas) y ecosistemas costeros (i.e. manglares), con 8 y 15 estudios respectivamente. Por otro lado, los estudios realizados para grupos en concreto, evidencian que el grupo más estudiado es el de las tortugas marinas (5 trabajos), mientras que los peces, crustáceos (camarones), dinoflagelados y moluscos sólo están referenciados en 1 o 2 trabajos como máximo por grupo.

Figura 7.



La importancia de los huracanes para la biodiversidad

El estudio de la biodiversidad ha revelado que las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas. Así, mientras muchas especies disminuyen en abundancia y distribución, otras incrementan su población de forma explosiva hasta constituirse, en algunos casos, en plagas. Esta situación mundial es parte de lo que se ha denominado la crisis de la biodiversidad (Dirzo, 1990).

Las amenazas que atentan contra la integridad y permanencia de los recursos naturales y la biodiversidad, se pueden manifestar a nivel de ecosistemas, especies y genes, por lo que sus efectos pueden ser de amplio espectro e incluso acumulativos. Dentro de las amenazas a nivel de ecosistemas se identifican el cambio climático, el cambio global, la erosión, la fragmentación de hábitats, la contaminación, la disminución de la riqueza y la abundancia de especies y los efectos acumulativos de todas éstas. A nivel de especies se identifican como amenazas la introducción, la erradicación y el comercio ilegal e irracional de las mismas (Peña y Neyra, 1997).

Otros fenómenos naturales que atentan contra la biodiversidad en nuestro país son los relacionados con la dinámica atmosférica del planeta: huracanes, nortes, ciclones, inundaciones y sequías. Por esto, la destrucción que sufren los ecosistemas y la alteración de la dinámica poblacional de las especies que los conforman son inevitables, además de difíciles de evaluar. Sin embargo, los efectos que puede producir un huracán, una tormenta tropical o un ciclón van desde el derribo de árboles hasta cambios en el régimen hídrico de las zonas afectadas, como sucedió en la zona afectada por el huracán Paulina en el estado de Oaxaca en 1997 (CONABIO *op. cit.*).

Este alarmante panorama muestra que la diversidad de los ecosistemas y su equilibrio biofísico se ven amenazados por actividades productivas como la agricultura y la ganadería y por fenómenos naturales como incendios, huracanes, entre otros (Peña y Neyra, *op. cit.*).

Por otro lado, el deterioro ambiental también eleva la vulnerabilidad a las tormentas tropicales. El blanqueamiento de los corales y la pérdida de manglares, por ejemplo, hacen las costas más propensas a inundaciones (Mark de Souza, 2004). Asimismo, el calentamiento global del planeta también puede contribuir a un aumento futuro en el número y la intensidad de los huracanes que azotan la zona del Caribe y el sur de los Estados Unidos, aunque los científicos no se ponen de acuerdo sobre los efectos concretos de dicho fenómeno. Estudios recientes sugieren que, debido a la mayor concentración atmosférica de gases de efecto de invernadero, para 2080 el calentamiento de los mares podría incrementar la intensidad de un huracán normal en medio nivel adicional, en base a la escala de cinco niveles referente a su capacidad destructiva. La intensidad de la precipitación en un radio de hasta 100 km (60 millas) de distancia del núcleo de la tormenta también podría elevarse hasta cerca del 20% (Mark de Souza, *op. cit.*).

Como muchos otros países del mundo, México sufre a menudo desastres climáticos: sequías prolongadas, inundaciones, heladas y, en verano, huracanes que azotan las costas del Golfo de México y del Pacífico, y que pueden penetrar tierra adentro (Tamayo, 1990; Jáuregui, 1989). Los fuertes vientos y las torrenciales lluvias asociadas a esos huracanes pueden ocasionar deslaves de tierra y de lodo, inundaciones y desarraigar árboles, tanto en los ambientes urbanos como en los rurales (Aridjis Perea, 1989; Jáuregui, *op. cit.*).

Resulta claro que las perturbaciones naturales (huracanes, caída de árboles, deslaves, erosión fluvial, incendios, sequías, etc.) son factores que aumentan la heterogeneidad de los hábitats y promueven la diversidad de las selvas húmedas. Esto no se debe a la evolución de especies capaces de sacar partido de tales hábitats, sino también que las perturbaciones crean gran diversidad de microhábitats, los cuales influyen fuertemente en la regeneración subsecuente de la selva en cuanto a su composición de especies. Eso contribuye también a la generación y mantenimiento de la diversidad de la selva húmeda (Collins, 1990; Mabberly, 1983; Martínez-Ramos, 1985).

Los efectos benéficos

Si bien es cierto que la existencia de fenómenos naturales tales como sismos, terremotos, ciclones, huracanes y tormentas tropicales, etc., son considerados también como catástrofes

naturales por su incidencia y la magnitud de sus efectos sobre las actividades del hombre, sus materiales y además para la naturaleza en sí misma, dichas catástrofes también suelen repercutir en el bienestar de algunos aspectos determinantes para el porvenir de la variedad de individuos presentes en la Tierra, considerando entonces que la biodiversidad, aun cuando puede verse desequilibrada por la presencia de fenómenos naturales (huracanes y tormentas tropicales), también obtiene ciertos beneficios que por pequeños que resulten forman parte de la perpetuidad de ésta; dichos beneficios, que pueden medirse cualitativamente y cuantitativamente, son el resultado del efecto directo e indirecto del paso de tales fenómenos.

Directos

Siempre que los “efectos” a los ecosistemas puedan resultar benéficos, podrá decirse que no es tan grave el paso de ciertos fenómenos naturales y entonces puede hablarse de beneficios directos que son suscitados a favor de la biodiversidad. Tal es el caso de las selvas húmedas, donde la caída de árboles, la rotura de ramas, el desprendimiento de enredos de lianas y/o la muerte de árboles crean constantemente claros en el dosel, los cuales sanan gradualmente conforme la selva se regenera. En realidad, la selva entera es un mosaico dinámico de parches de vegetación de diferentes edades que abarca todas las fases de la sucesión secundaria, junto con áreas de vegetación primaria, las fases “de claro”, “de construcción” y “de madurez” del proceso de regeneración de la selva, que se denomina “silvigénesis” (Hallé *et al.*, 1978; Martínez-Ramos, 1985). Si bien es cierto que la caída de árboles y, por ende, la caída de otros individuos que dependen de ellos a causa de los fuertes vientos suscitados durante un huracán y/o una tormenta tropical resultan ser deplorables, la variabilidad de edades a causa de la regeneración en las selvas hace que estos ecosistemas sean considerados importantes para la biodiversidad, por la variabilidad de individuos y edades que hace que las selvas sean un mosaico completo de individuos.

Indirectos

Así como pueden determinarse beneficios directos a partir del paso de huracanes y tormentas tropicales, estos beneficios también pueden interpretarse de un modo indirecto para la biodiversidad, a partir de las características de un ecosistema o a partir de la función que cumplen ciertos individuos para favorecer a otros; tal es el caso del mecanismo denominado reproducción vegetativa que puede presentarse en el bosque mesófilo de montaña donde la tasa de mortalidad es sumamente baja; sin embargo, cuando se presenta la caída de árboles o ramas que dañan a los individuos de esas especies en un evento de formación de claro, éstos se regeneran y vuelven a crecer con rapidez gracias a que vuelven a brotar tallos en la base del tronco roto o a partir de las propias raíces frecuentemente a varios metros de la planta original (como en el caso de *Liquidambar sp.*) (Sosa y Puig, 1987). En ciertos bosques mesófilos la predominancia de esas especies se debe en gran medida a esta estrategia reproductiva, aunque las plántulas de las mismas también responden positivamente ante las mejores condiciones de luz de los claros formados en el dosel.

Así mismo, la caída de árboles por el paso de fuertes vientos generados por huracanes y tormentas tropicales, provoca condiciones microclimáticas que favorecen a ciertos individuos, tal es el caso de algunas especies del bosque mesófilo de montaña, donde de las últimas especies en formar nuevas poblaciones en un sitio del bosque en regeneración, como ciertos árboles y arbustos del sotobosque los cuales se ven favorecidos por la sombra, sus semillas permanecen muchos años en el banco de semillas del suelo, de modo que su larga latencia les permite mantenerse viables hasta que se presentan condiciones microclimáticas favorables para su desarrollo (Sosa y Puig, *op. cit.*)

Los efectos negativos

Si es posible la determinación de efectos benéficos que pueden suscitarse por el paso de un huracán para la biodiversidad, también pueden determinarse los efectos negativos singulares y potenciales, considerando que estos efectos pueden tornarse directos e indirectos según la escala y el grado de afectación emitida para los organismos, grupos de organismos, el ecosistema y la biodiversidad en sí.

Directos

La diversidad de individuos de flora y fauna y ecosistemas presentes que forman la biodiversidad en el mundo son parte de la multivariedad de formas existentes en la tierra y, por tanto, desempeñan papeles determinantes para la permanencia y estabilidad de la misma.

Por lo anterior, la presencia de fenómenos tales como huracanes y tormentas tropicales se torna factor de riesgo para la estabilidad de dichos individuos y ecosistemas, encontrándose entonces que los fuertes vientos y las lluvias generados por estos fenómenos propician daños directos; por ejemplo, en las selvas de México puede haber mortalidad (árboles) dependiente del tamaño como un factor relacionado con las pendientes o la exposición al viento, ya que los árboles corpulentos o muy altos son más vulnerables al derribo eólico que los pequeños (Ibarra, 1985). Por otro lado, con respecto a la cantidad de lluvia caída durante huracanes y tormentas tropicales, origina que el peso de las colonias grandes de epifitas, sobre todo cuando están saturadas con agua después de las tormentas, también sea causa de rotura de ramas y caída de árboles (Martínez-Ramos, *op. cit.*).

Por otro lado, la tasa de formación de claros en el dosel puede exhibir patrones estacionales en concordancia con la distribución anual de las lluvias y los vientos fuertes. Por ejemplo, las selvas húmedas de la península de Yucatán tienen su tasa más alta de formación de claros a finales del verano y durante el otoño (agosto a octubre), ya que en esa época las azotan huracanes que se forman en el Caribe y penetran tierra adentro (Jáuregui, 1989; *La jornada*, 1995; SEMARNAP/CONABIO, 1995). Por el contrario, las selvas de Veracruz tienen su máxima frecuencia de eventos de formación de claros durante la época otoño-invierno (octubre a marzo), cuando los “nortes” traen consigo fuertes vientos y abundantes lluvias. Durante tales fenómenos, la mayor plasticidad (es decir, menor tolerancia al esfuerzo del deslizamiento) del suelo saturado de lluvias, se combina con el mayor peso de los árboles y sus epifitas empapadas, así como con el menor anclaje de las raíces del árbol producto de la acción de sacudimiento ocasionado por los vientos, que da como resultado un mayor número de árboles derribados, ramas caídas o troncos desgajados por arriba del nivel de los contrafuertes (Sarukhán, 1978, citado en Martínez Ramos, 1982).

Otro efecto particular de las fuertes lluvias ocurridas por cualquiera de los dos fenómenos meteorológicos mencionados es la pérdida de suelos, fenómeno denominado erosión hídrica, cuya característica es la remoción del suelo bajo la acción del agua. Esto afecta tanto a las zonas de las cuales se retira el sustrato como aquellas que son sepultadas por el depósito de sedimentos; esta erosión toma dos formas fundamentales: la erosión superficial que ocurre cuando el agua fluye en forma más o menos homogénea por una zona, arrastrando la capa superior del suelo donde existen más nutrientes y materia orgánica y a partir de ahí el suelo pierde su fertilidad; y la otra forma es que el flujo del agua se concentra en un cauce donde la erosión es más rápida, de modo que va abriendo una zanja cada vez más profunda o cárcava y por lo tanto se habla de una deformación del terreno (SEMARNAT, 2002).

Indirectos

A partir de los efectos negativos directos generados por las tormentas tropicales y los huracanes, se pueden determinar los efectos indirectos que, sin lugar a dudas, estarán en función de los primeros. De tal manera que, si se considera que la caída de árboles y ramas en selvas o en algún otro ecosistema genera grandes cantidades de madera o leña y que éstas no sean levantadas

posterior al paso del viento, cuando llega la temporada seca, esta madera junto con alguna actividad antrópica puede llegar a generar incendios que si bien se observan en sitios específicos, ponen en riesgo a los individuos cercanos a dicho fenómeno.

Aunque, por otro lado, resulta contradictorio el hecho de que ciertos árboles que sobreviven o que remplazan la selva quemada suelen ser los mismos que colonizan inicialmente los hábitats secos y que a menudo tienen adaptaciones para las condiciones xéricas, como hojas de pequeño tamaño o espinas, o los que tienen capacidad para dispersar sus semillas y crecer con rapidez (Koonce y González-Caban, 1990).

Los efectos de Stan, otros huracanes y tormentas tropicales en Veracruz (2005)

Resulta indiscutible la incidencia de fenómenos meteorológicos que se presentaron durante el 2005 en el Golfo de México y que tuvieron afectaciones directas e indirectas al estado de Veracruz y sus costas, mismos que aun cuando sólo se habla de simples tormentas tropicales, sus efectos llegaron a ser considerados graves por la incidencia de sus lluvias, lo que hace pensar en que no necesariamente el grado o categoría de los fenómenos tropicales es elemento revelador de daños, sino también su intensidad. Las lluvias que cayeron en Veracruz a causa de las tormentas tropicales Bret, Gert, José y el huracán Stan, provocaron severas inundaciones en varios de los municipios del estado. Fueron veintitrés tormentas tropicales y huracanes en los últimos cinco meses del año 2005, que jamás habían sucedido para un sólo periodo en el Golfo de México (Yáñez-Arancibia y W. Day, 2005).

Para mediados del 2005, la primera tormenta tropical, "Bret", que cruzó América Central y que se desplazó hacia el oeste-noroeste del Golfo de México impactó en tierra en las costas de Veracruz justo en las inmediaciones de Tuxpan, el día 29 de junio; esta primera tormenta tropical propició lluvias intensas, provocando inundaciones en el norte del estado de Veracruz, algunos ríos desbordados y algunos deslaves de cerros (CNA, 2005).

Después de Bret, para el mes de julio, se presentó la segunda tormenta tropical que afectó al estado de Veracruz denominada "Gert"; justamente al igual que "Bret" sus efectos fueron más intensos en el norte del estado, impactando en tierra en las inmediaciones de Horconcitos, Veracruz al noroeste de la laguna de Tamiahua; los efectos sólo se vieron reflejados con la intensidad de las lluvias que fueron un poco menores que las registradas por "Bret". Del mismo modo, justo en el mes de agosto la onda tropical N° 29 es determinada por la presencia de la tormenta tropical "José"; su centro fue localizado a 115 km al noreste de Alvarado, logrando avanzar y tocar tierra en las inmediaciones de Vega de Alatorre; los efectos ocasionados por José sólo se vieron reflejados por la presencia de lluvias intensas en Veracruz y que posteriormente fueron resentidas en los estados de Puebla, Hidalgo y Tamaulipas (CNA, *op. cit.*).

El último fenómeno meteorológico que propició afectaciones directas al estado de Veracruz y que fue catalogado como huracán categoría I se presentó exactamente en los primeros días del mes de octubre, considerado como la depresión tropical N° 20. El huracán tocó tierra entre Punta Roca Partida y Monte Pío, en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz; sus efectos se vieron reflejados con la presencia de fuertes vientos y lluvias intensas (CNA, *op. cit.*). Desafortunadamente, el efecto ocasionado por el impacto de Stan en Veracruz fue muy severo en muchos de los municipios del estado; así mismo, los daños por inundaciones fueron reportados como graves para el mismo puerto de Veracruz, además de los efectos por los fuertes vientos en Los Tuxtlas.

Conclusiones

Si bien es cierto que el aspecto poblacional es de alta prioridad para atenderlo ante la presencia de un huracán o tormenta tropical, no se debe soslayar la importancia de los recursos naturales que brindan beneficios a los núcleos de población que también sufren los impactos de los meteoros. En este sentido, los recursos naturales, expresados en términos de biodiversidad, están expuestos

a la intensidad, duración y frecuencia de un huracán o tormenta tropical, con una subsecuente modificación de procesos ecológicos que se llevan a cabo dentro de los ecosistemas, o bien, con la pérdida de atributos estructurales de la vegetación o desplazamiento de poblaciones, en el caso de la fauna. Asimismo, se deben considerar los beneficios indirectos que deja el paso de un evento de esta naturaleza, madera caída para leña, lluvias en las partes altas de las cuencas que generan beneficios a la agricultura, y en términos biológicos, el mantenimiento de la diversidad biológica al promover la competencia entre especies por el aclareo en bosques. Estos aspectos deben ser considerados también en la evaluación de los impactos, que si bien es cierto la población humana ocupa el primer lugar, la evaluación de la biodiversidad es su complemento, ya que de ésta, dependen muchas de las necesidades humanas. De acuerdo a lo anterior, es necesaria la implementación de un programa de monitoreo de la biodiversidad de frente a los huracanes y tormentas tropicales.

Debido a que los ecosistemas costeros son los principales receptores de los impactos de los meteoros, es allí donde en primera instancia deben ser encaminados los esfuerzos de investigación. Es conveniente que se conforme una base de datos que contenga los records históricos que permitan evaluar daños, o bien, determinar las cualidades de ciertos ecosistemas que amortiguan el impacto de los huracanes (manglares).

Referencias bibliográficas

Aridjis Perea, P. (1989). Los huracanes un mal necesario. *Información científica y Tecnológica* 11 (155): 52-54.

Bellingham, P.J., Tanner, E.V.J., Healey, J.R. (2005). Hurricane disturbance accelerates invasion by the alien tree *Pittosporum undulatum* in Jamaican montane rain forests. *Journal of Vegetation Science*. Volume 16, Issue 6, pp. 675-684.

Caviedes, C.N. (1991). Five hundred years of hurricanes in the Caribbean: Their relationship with global climatic variabilities. *Geojournal* 23:301-310.

Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México (pasado, presente y futuro)*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Agrupación Sierra Madre, S. C. México. 847 p.

CNA, (2005). *Resumen de la tormenta tropical "Bret" junio 28-29, 2005*. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México. [<http://smn.cna.gob.mx/>: 06 de Diciembre de 2005].

CNA, (2005). *Resumen de la tormenta tropical "Gert" julio 23-25, 2005*. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México. [<http://smn.cna.gob.mx/>: 06 de Diciembre de 2005].

CNA, (2005). *Resumen de la tormenta tropical "José" Agosto 22-23, 2005*. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México. [<http://smn.cna.gob.mx/>: 06 de Diciembre de 2005].

CNA, (2005). *Resumen del huracán "Stan" Octubre 1-5, 2005*. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, Subgerencia de Pronóstico Meteorológico. México. [<http://smn.cna.gob.mx/>: 06 de Diciembre de 2005].

Collins, M. (1990). *The last rainforests: A world conservation atlas*. Oxford University Press, Nueva York.

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONAMP). (2004). *Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas*. México. 118 p (inédito).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). *La Diversidad Biológica de México: Estudio de País*. México. pp 158-181.
- Conner, W.H. and L.W. Inabinette. (2003). Tree growth in three South Carolina (USA) swamps after Hurricane Hugo: 1991–2001. *Forest Ecology and Management*. Vol. 182, Issues 1-3, pp 371-380.
- Davis, A., and X. Yan (2004), Hurricane forcing on chlorophyll-a concentration off the northeast coast of the U.S., *Geophys. Res. Lett.*, 31, L17304, doi: 10.1029/2004GL020668.
- Dirzo, R. (1990). La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿Qué sabemos?. *Ciencias*, Revista de Difusión. No. 4. Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Centro de Ecología. UNAM. Pp. 48-55.
- Ehrlich, A. H. y P. R. Ehrlich. (1992). Causes and consequences of the disappearance of biodiversity. En Sarukhán, J, y R. Dirzo (comp.). *México ante los retos de la biodiversidad*. CONABIO. México.
- Elena, M. (1989). Temperatura: Motor de los huracanes. *Información científica y Tecnológica* 11 (155): 46- 47.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. (1994). *Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. CONABIO, UNAM. México.
- Gardner. (1997). Climate Change, Hurricanes And Tropical Storms, And Rising Sea Level In Coastal Wetlands. *Ecological Applications*: Vol. 7, No. 3, pp. 770–801.
- Granzow-De la Cerda, Í., N. Zamora, J. Vandermeer y D. Boucher. (1997). Diversidad de especies arbóreas en el bosque tropical húmedo del Caribe nicaragüense siete años después del huracán Juana. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 45, Issue 4, pp 1409-1419.
- Guzmán-Tapia, Y., M.J. Ramírez-Sierra, J. Escobedo-Ortegon, and E. Dumonteil. (2005). Effect Of Hurricane Isidore On Triatoma Dimidiata Distribution And Chagas Disease Transmission Risk In The Yucatán Peninsula Of Mexico. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 73(6), pp. 1019-1025. The American Society of Tropical Medicine and Hygiene.
- Hallé, F, R. A. A. Oldeman y P. B. Tomlinson (Eds.). (1978). *Tropical trees and forests: An architectural analysis*. Springerverlag, Berlín.
- Ibarra, G. N. (1985). *Estudios preliminares sobre la flora leñosa de la estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Jáuregui, E. (1989). Los huracanes prefieren a México. *Información científica y Tecnológica* 11 (155): 32-39.
- Jornada, La*. (1995). Dejó el Huracán Roxana 200 mil damnificados. *La Jornada*, 14 de octubre de 1995, México, p. 60.
- Koonce, A. L y A. González-Cabán. (1990). Social and ecological aspects of FIRE in Central America. En: J. G. Goldammer (Ed) *FIRE in the tropical biota: Ecosystem proceses and global challenges*. SpringerVerlag, Berlín, pp. 135-158.
- Mabberly, D. J. (1983). *Tropical rainforest ecology*. Blackie, Glasgow.

Mark De Souza, R. (2006). *En peligro: Huracanes, tendencias demográficas y cambios ambientales*. Population Reference Bureau. [http://www.prb.org/SpanishTemplate.cfm?Section=Portada&template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=11923: 16 de Diciembre de 2005].

Martínez- Ramos, M. (1985). Claros cielos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias; En: A. Gómez-Pompa y S. Del Amo (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Vol. II. INIREB y Alambra, Mexicana, México, pp 191- 239.

Michener, W.K., E.R. Blood, K.L. Bildstein, M.M. Brinson, and L.R. Novacek, M. J. and E.E. Cleland. (2001). *The current biodiversity extinction event: Scenarios for mitigation and recovery*. Vol. 98, No. 10, pp. 5466-5470. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.091093698].

Palacio, P. J. L. *et al.* (2000). La condición actual de los Recursos Forestales en México: Resultados del inventario Forestal 2000. *Investigaciones Geográficas*. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. No. 43 pp. 183-203.

Pascarella, J.B., T.M. Aide and J.K. Zimmerman. (2004). Short-term response of secondary forests to hurricane disturbance in Puerto Rico, USA. *Forest Ecology and Management*. Vol. 199, Issues 2-3, pp 379-393.

Peña, J. A., Neyra, G. L. (1998). *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México (CONABIO). México. pp 158-181 .

P. O. V. T. (2006). CIESAS-Golfo (inédito).

PRODERS-SEMARNAP/UACH-PSSM.A C. (1997). Estructura y dinámica de la Producción Agrícola. Capítulo IV del *Programa de Desarrollo Regional Sustentable de Los Tuxtlas- Santa Marta*.

Ramírez, R. F. (1993). Vegetación y uso del suelo en la Sierra de Santa Marta. *Cuaderno de Investigación del PSSM, A. C.* No 2. Xalapa. IIS-UNAM.

Roth, L.C. (1992). Hurricanes and Mangrove Regeneration: Effects of Hurricane Joan, October 1988, on the Vegetation of Isla del Venado, Bluefields, Nicaragua. *Biotropica*. Vol. 24, No. 3, pp. 375-384.

S. A. H. O. P. (1981). Plano de Políticas Ecológicas y Plano de Vegetación y Uso del Suelo. Escala 1:4 millones. 2 cartas. Programa Nacional de Desarrollo Ecológico de los Asentamientos Humanos. México, D. F.

Salazar-Vallejo, S.I. (2002). Huracanes y Biodiversidad Costera Tropical. *Rev. Biol. Trop.* 50 (2):514-428.

Sánchez Sánchez, O. y G. A. Islebe. (1999). Hurricane Gilbert and structural changes in a tropical forest in south-eastern Mexico. *Global Ecology & Biogeography*. Vol. 8, Issue 1, Page 29. doi:10.1046/j.1365-2699.1999.00317.x.

Sarukhán, J. (1978). Studies on the demography of tropical trees. En: P. B. Tomlison y N. H. Zimmermann (Eds) *Tropical trees ass living systems*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 163- 184.

Schoener, T.W., D.A. Spiller and J.B. Losos. (2001). Natural Restoration of the Species-Area Relation for a Lizard After a Hurricane. *Science* 16:Vol. 294. No. 5546, pp. 1525-1528. DOI: 10.1126/science.1064396.

SEMARNAP. (1999). *Biodiversidad*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Primera edición.

SEMARNAP/CONABIO. (1995). Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

SEMARNAT, (2002). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales*. México. 275 p.

Sosa, V. J y H. Puig. (1987). Regeneración del estrato arbóreo en bosque mesófilo de montaña. En: H. Puig y R. Bracho (Coords.). *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. Instituto de Ecología, México, pp. 107-133.

Tamayo, J. L. (1990). *Geografía moderna de México*. Décima edición. Trillas, México.

Valdés, R. J. y I. Cabral, C. (1993). Chrology of mexican Grasses. En: *Biological Diversity of México: Origins and Distribution*. Ramamoorthy, T. P. et al., eds. Oxford Univ. Press. N. Y. Cap. 15: 439-446.

Vandermeer, J. and I. Granzow de la Cerda. (2004). Height dynamics of the thinning canopy of a tropical rain forest: 14 years of succession in a post-hurricane forest in Nicaragua. *Forest Ecology and Management*. Vol. 199, Issue 1, pp. 125-135.

Vázquez, F., Rangel, R., Quintero-Mármol, A.M., Fernández, J., Aguayo, E., Palacios, A., Sharma, V.K. (2000). Southern Gulf of Mexico. *Seas at the millennium - an environmental evaluation - Volume 1*, pp 467-482.

WCMC, (1992). *Global Biodiversity. Status o the Earth's Living Resources*. Chapman and Hall. Londres.

Yáñez-Arancibia, A., W, D. J. (2005). *Ecosistemas Vulnerables, Riesgo Ecológico y el Record 2005 de Huracanes en el Golfo de México y Mar Caribe*. [http://www.ine.gob.mx/katrina_rita.html].