



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

-----

FACULTAD DE BIOLOGÍA

**RESPUESTA DEL ENSAMBLE DE REPTILES DEL BOSQUE TROPICAL SECO  
DE LA REGIÓN DE CHAMELA-CUIXMALA, JALISCO AL HURACÁN JOVA:  
UN EVENTO CATASTRÓFICO INFRECLENTE**

**TESIS**

**Que presenta:**

**BIOL. NANCY LARA URIBE**

Como requisito para obtener el título de:  
**MAESTRA EN CIENCIAS EN ECOLOGIA Y CONSERVACION**

Directora de tesis

Doctora en Ciencias Biomédicas Ileri Suazo Ortuño

Morelia, Michoacán, Marzo 2013



## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pg.</b>
<b>CAPITULO I. “Efecto de los huracanes sobre la herpetofauna en los bosques tropicales: una revisión y perspectivas” .....</b>	<b>1</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
I. Introducción .....	4
II. Características de los huracanes .....	7
III. Efecto de los huracanes en bosques tropicales .....	9
IV. Huracanes y bosques tropicales secos .....	11
V. Efecto de los huracanes sobre las comunidades de animales .....	13
VI. Huracanes y la sucesión secundaria .....	16
VII. Huracanes y su efecto sobre la herpetofauna en bosques secundarios.....	18
VIII. Conclusiones.....	20
IX. Literatura citada.....	23
<b>CAPITULO II. " Efecto del huracán Jova sobre la comunidad de reptiles” .....</b>	<b>35</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>36</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>37</b>
<b>I. Introducción .....</b>	<b>38</b>
<b>II. HIPÓTESIS .....</b>	<b>42</b>
<b>III. OBJETIVOS .....</b>	<b>43</b>
3.1. Objetivo general .....	43
3.2. Objetivos particulares.....	43
<b>IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>44</b>
4.1. Localización.....	44

---

4.2. Clima .....	45
4.3. Hidrología .....	46
4.4. Geología .....	46
4.5. Edafología .....	46
4.6. Vegetación .....	47
4.7. Fauna .....	48
4.8. Actividades humanas .....	49
<b>V. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>50</b>
5.1. Trabajo de campo .....	50
5.2. Análisis estadísticos .....	51
5.2.1. Análisis de Mantel .....	51
5.2.2. Curvas de acumulación de especies y efectividad del muestreo .....	52
5.2.3. Cambios en la diversidad y riqueza de especies.....	52
5.2.4. Patrones de cambio de especies de reptiles .....	55
5.2.5. Estructura del ensamble de reptiles.....	53
5.2.6. Sensibilidad de especies.....	54
5.2.7. Escalamiento multidimensional .....	54
<b>VI. RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>VII. DISCUSION .....</b>	<b>83</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>89</b>
<b>CAPITULO III. “Respuesta de los grupos ecológicos de reptiles de chamela Jalisco al paso del huracán Jova” .....</b>	<b>98</b>
Resumen.....	99
Abstract .....	100
I. Introducción.....	101

<b>II. HIPÓTESIS</b> .....	<b>105</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>106</b>
3.1. Objetivo general .....	106
3.2. Objetivos particulares.....	106
<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>107</b>
4.1. Área de estudio y trabajo de campo .....	107
4.2. Grupos funcionales.....	107
4.3. Análisis estadísticos.....	107
<b>V. RESULTADOS</b> .....	<b>109</b>
<b>VI. DISCUSION</b> .....	<b>119</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>126</b>
<b>VIII. DISCUSION GENERAL</b> .....	<b>129</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>136</b>

## **Introducción general**

Los huracanes son fenómenos tropicales de proporciones inmensas que pueden presentar vientos desde los 119 hasta >252 km/hr (CONAGUA 2012) (Tabla 1). Estos fenómenos pueden tener un efecto severo en los bosques hasta aproximadamente 500 km tierra adentro (Dale *et al.* 2001). Los huracanes pueden inducir cambios en los hábitats terrestres y marinos, además juegan un rol importante en el clima del mundo al transportar el exceso de calor y humedad de los trópicos a latitudes templadas y boreales, además de que alteran el clima local a mediano plazo, resultado de la modificación de la cobertura vegetal y la evapotranspiración (Lugo 2000). Los daños causados por un huracán pueden ser influenciados por la estructura física y topográfica del hábitat, la severidad de la tormenta, la velocidad del movimiento de la tormenta, el diámetro de la tormenta y la susceptibilidad del ecosistema a los daños (Tanner *et al.* 1991). La mayoría de los trabajos sobre el efecto de los huracanes en bosques tropicales se centran en el daño a la vegetación especialmente a los árboles (eg. Bellingham 1991, Frangi y Lugo 1991, Gresham *et al.* 1991, Whigham *et al.* 1991, You y Petty 1991, Sherman *et al.* 2001, Goode y Allen 2008). Generalmente en el caso de los árboles el daño ocasionado varía con la localización topográfica, las características de soporte, el tamaño del árbol etc. (Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994). Dependiendo del grado y severidad del huracán, así como de las características de los taxas el efecto del huracán puede variar de mínimo a catastrófico, por ejemplo en Puerto rico tras el paso de un huracán solamente el 19.5% de los árboles en un área de 4000 m<sup>2</sup> quedo de pie con algunas ramas (Vandermeer *et al.* 1990). En general diversos trabajos concluyen que los huracanes son capaces de influir en la estructura del bosque seco reduciendo el promedio del diámetro del tallo y del área basal, la densidad, así como la generación de respuesta de germinación (Whigham *et al.* 1991, Sherman *et al.* 2001, Uriarte *et al.* 2004, Van Bloem *et al.* 2006). Algunos autores consideran a los huracanes como los factores principales

para la formación de algunos de los actuales ecosistemas, sobre todo en las zonas costeras (Roos *et al.* 2001, Hernández *et al.* 2005). Como es el caso de Goode y Allen (2008) los cuales tras evaluar el efecto del huracán Wilma sobre las epifitas de la reserva de “El Edén” en Yucatán encontraron que más del 50% de estas habían desaparecido tras el huracán. Ross *et al.* 2001 menciona que los huracanes pueden desempeñar un papel importante en la formación de los bosques tropicales secos, especialmente después de una perturbación humana o un incendio. En México, los bosques tropicales secos se caracterizan por su importancia en términos de riqueza y endemismo de especies animales y vegetales (Trejo-Vázquez y Dirzo 2000, Trejo-Vázquez 2005, García 2006), estos BTS cubren aproximadamente el 60% del área ocupada por los bosques tropicales del país. Sin embargo a pesar de su importancia ecológica estos bosques tropicales han sufrido un proceso creciente de deforestación y de profunda transformación en terrenos usados para diferentes actividades humanas (CIFOR 2005). Las perturbaciones, naturales o antrópicas, como incendios y la deforestación afectan de manera negativa la distribución y composición de las comunidades vegetales (Robertson y Platt 2001). Además de este tipo de perturbación antropogénica, algunos bosques tropicales del país sufren otro tipo de perturbación natural como es el caso de los huracanes, los cuales afectan a grandes extensiones de superficie mexicana en una cierta temporada del año (CONAGUA 2012). Los huracanes pueden generar grandes cambios sobre la vegetación en regeneración (Lugo y Scatena de 1996, Lugo 2000). Estos cambios pueden influenciar en la dirección de sucesión, aumentando la heterogeneidad del paisaje y aumentando las tasas de recambio de especies (Lugo y Scatena 1995). Se sabe que los bosques fragmentados son más vulnerables a los daños ocasionados por los huracanes que las grandes extensiones de bosque conservado debido a que este presenta mayor continuidad y estructura (Van *et al.* 2005). En un estudio realizado en el bosque tropical seco de la Republica Dominicana se documentó el daño ocasionado por el huracán David, más de 5 millones de árboles maderables fueron dañados en un área

de 246 km<sup>2</sup> (aprox. 42%), la vegetación más “compleja” fue más resistente a los daños del huracán que la vegetación más "simple" (Lugo *et al.* 1983).

Se sabe que el efecto inicial directo de un huracán es la mortalidad inmediata de la biota resultado de la exposición a los fuertes vientos y lluvias, mientras que los efectos indirectos como la pérdida de alimentos y sustratos para forrajear o refugios, etc. causan la muerte de poblaciones tiempo después del paso del huracán (Cely 1991, Walker *et al.* 1991, Wunderle *et al.* 2004, Goode y Allen 2008). En general se sabe que los huracanes tiene un efecto negativo sobre las comunidades de vertebrados (Lynch 1991, Wunderle *et al.* 2004, Nicoletto 2013) y en el caso de los reptiles no es la excepción ya que existe evidencia de que los huracanes afectan a los anfibios y reptiles residentes (Tanner *et al.* 1991, Schoener *et al.* 2003, Schriever *et al.* 2009, Nicoletto 2013). Como es el caso de un estudio realizado por Schriever *et al.* 2009 los cuales evaluaron el efecto de los huracanes Iván, Katrina y Rita sobre la comunidad de herpetofauna en diferentes tipos de hábitat, en el cual encontraron que los huracanes alteraron la composición de la comunidad y aumentaron la uniformidad de especies dentro de cada hábitat, afectando potencialmente a largo plazo la dinámica de la comunidad y las interacciones entre especies. Sin embargo los efectos de los huracanes también pueden ser positivos; un estudio realizado Reagan (1991) demostró que algunas especies terrestres del genero *Anolis* se ven beneficiadas con el incremento en la densidad de desechos en el suelo, así como con la perdida de cobertura dosel, lo cual contribuye al incremento de lugares para termoregularse (Reagan 1991).

Sin embargo, a pesar de que la existen numerosos estudios que evalúen los cambios en la diversidad de especies de los bosques tropicales, la mayoría de los trabajos no pueden explicar el efecto potencial de la pérdida de especies sobre las funciones y servicios en un ecosistema (Forys y Allen 2002, Bihn *et al.*2010). La diversidad funcional se ha definido como "el rango o valor que tiene una especie, así como sus características y rasgos,

que influyen en el funcionamiento de un ecosistema" (Tilman 2001). Cada especie posee un gran número de características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, las cuales pueden influir en la abundancia de las especies, así como en el funcionamiento de los ecosistemas (Tilman 2001, Martínez-Ramos 2008). La necesidad de transferir los conocimientos adquiridos a partir de especies individuales a un enfoque más generalizado ha llevado al desarrollo de sistemas de categorización, donde la similitud entre especies con respecto a sus estrategias de vida y sus rasgos se clasifican en grupos ecológicos como lo son los grupos funcionales (GF) (Blaum *et al.* 2011). Un GF se define como un conjunto de especies, sin ninguna relación de competencia, que tienen características similares, y que por lo tanto es probable que sean similares en sus efectos en el funcionamiento del ecosistema (Blondel 2003, Blaum *et al.* 2011). Blaum *et al.* 2011 sugieren que la evaluación de la riqueza a nivel de GF en lugar de la medición de riqueza de especies es favorable ya que los GF están directamente relacionados con los rasgos de las especies en lugar de una clasificación evolutiva basada en la taxonomía. Aunque la relación entre la diversidad de especies y la diversidad funcional es un tema fundamental en ecología de la conservación, en comparación con la diversidad de especies, los métodos de cuantificación de la diversidad funcional están menos desarrollados (Petchey y Gaston 2002). A pesar de que existen diversos estudios sobre los grupos funcionales en las comunidades, la mayoría de los estudios se basan en comunidades vegetales (Diaz y Cabido 2001 Leps *et al.* 2003), además de que la mayoría de estos estudios se han realizado en experimentos de laboratorio, por lo cual la relación entre la riqueza de especies y la riqueza funcional en ambientes naturales es poco conocida (Bihn *et al.* 2010). Diversos autores aseguran que una mayor diversidad funcional, podría aumentar la estabilidad en los procesos de los ecosistemas, debido a que una gran diversidad funcional en las interacciones tróficas de los ecosistemas podría ofrecer vías alternas de flujo de energía y este flujo por lo tanto haría más estable los niveles tróficos; además de que una mayor

diversidad funcional podría ayudar a reducir la susceptibilidad de los ecosistemas a la invasión de especies nuevas después de una perturbación (Chapin III y Shaver 1985, Naeem y Li 1997, Martínez 2008). Esto se debe a que cuando una especie se pierde tras una perturbación, otra puede desempeñar su función y se da entonces una compensación funcional; debido a la presencia de especies “redundantes”. Una especie “redundante” se refiere a aquella especie que es capaz de duplicar la función de otra en el ecosistema ya que contribuyen de formas muy similares (Martínez 2008). Se piensa que la presencia de grupos funcionales con muchas especies redundantes (>6 especies) confiere al ecosistema resiliencia a disturbios como los huracanes e incendios, además de que puede ayudar a la conservación de la biodiversidad (Naeem y Li 1997, Forsy y Allen 2002, Martínez 2008). Estudios recientes muestran que el 70% del BTS de la región de Chamela-Cuixmala se encuentra en algún proceso de regeneración (Schroeder 2006) debido a la perturbación del bosque por actividades humanas, aunado a este tipo de perturbación antropogénica en el 2011 el BTS de esta región sufrió el impacto del Huracán Jova catalogado categoría 2 al tocar tierra (CONAGUA 2012).

Por otro lado, en estos bosques secundarios se llevó a cabo un estudio previo al paso del huracán sobre la respuesta de la herpetofauna a la sucesión secundaria, por lo que estos bosques son un modelo ideal para probar la respuesta positiva, negativa o neutra del ensamble y grupos funcionales de reptiles, al impacto del huracán Jova sobre bosques secundarios con distinta edad de regeneración.

## **Literatura citada**

- Bellingham, P. J. 1991. Landforms influence patterns of hurricane damage: evidence from Jamaican montane forest. *Biotropica* (23): 427-439.
- Bihn J. H., G. Gebauer y R. Brandl. 2010. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology*. 92 (3): 782-792.
- Blaum N., E. Mosner y M. Schwager. 2011. How functional is functional? Ecological groupings in terrestrial animal ecology: towards an animal functional type approach Niels. *Biodivers Conserv.* (20): 2333-2345.
- Cely J. E. 1991. Wildlife effects of hurricane Hugo. *Journal of coastal research*. (8): 319-326.
- Chapin F. S. III y G. R. Shaver. 1985. Individualistic Growth Response of Tundra Plant Species to Environmental Manipulations in the Field. *Ecology* (66): 564.
- CIFOR. 2005. *State of the World's Forests*. FAO, 153 pp.
- CONAGUA:            accesado            octubre            del            2012.  
[http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=102](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102)
- Dale V. H., L. A. Joyce, S. McNulty, R. P. Neilson, M. P. Ayres, M. D. Flannigan, P. J. Hanson, L. C. Irland, A. E. Lugo, C. J. Peterson, D. Simberloff, F. J. Swanson, B. J. Stocks y B. M. Wotton. 2001. Climate Change and Forest Disturbances. *Bioone* 51 (9): 723-734.

- Frangi J. L. y A. e. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo mountains of Puerto Rico. *Biotropica*. (23): 324-335.
- Garcia, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation* (130): 25–46.
- Goode L. K. y M. F. Allen. 2008. The impacts of hurricane Wilma on the Epiphytes of El Eden ecological reserve, Quintana Roo, Mexico. *Journal of the Torrey Botanical Society*, Vol. 135 (3): 377-387.
- Gresham, C. A., T. M. Williams y D. J. Lipscomb. 1991. Hurricane Hugo wind damage to Southeastern U.S. coastal forest tree especies. *Biotropica* (23): 420-426.
- Leps J., V. K. Brown, T. A. Diaz Len, D. Gormsen, K. Hedlund, J. Kailová, G. W. Korthals, S. R. Mortimer, C. Rodriguez-Barrueco, J. Roy, I. Santa Regina, C. Van Dijk y W. H. Van Der Putten. (2001), Separating the chance effect from other diversity effects in the functioning of plant communities. *Oikos*. (92): 123–134.
- Lugo A. E. 2000. Effects and outcomes of Caribbean hurricanes in a climate change scenario. *Science of the Total Environment* 262: 243–251.
- Lugo A. E. y Scatena F. N. 1996. Background and catastrophic tree mortality in tropical moist, wet, and rain forest. *Biotropica*. 28 (4a): 585-599.
- Lugo, A. E. y F. N. Scatena. 1995. Ecosystem-level properties of the Luquillo Experimental Forest, with emphasis of the tabonuco forest. Pages 59–108 in Lugo AE, Lowe C, eds. *Tropical Forests: Management and Ecology*. New York: Springer-Verlag.

Lynch J. F. 1991. Effects of hurricane Gilbert on birds in a dry tropical forest in the Yucatan Peninsula. *Biotropica*. 23 (4):488-496.

Martínez-Ramos M. 2008. Grupos funcionales.en Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. pp. (I): 365-412.

Naeem S. y S. Li 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* (390): 507-509.

Petchey O. L. y K, J. Gaston. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, (5): 402-411. doi: 10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x

Reagan D. P. 1991. The response of Anolis lizards to hurricane-induced habitat changes in a Puerto Rican rain forest. *Biotropica* 23 (4): 468-474.

Robertson K. M. y W. J. Platt. 2001. Effects of multiple Disturbances (Fire and Hurricane) on Epiphyte Community Dynamics in a Subtropical Forest, Florida, U.S.A. *Biotropica*. 33 (4): 573-582.

Ross M. S., M. Carrington, L. J. Flynn y P. L. Ruiz. 2001. Forest Succession in Tropical Hardwood Hammocks of the Florida Keys: Effects of Direct Mortality from Hurricane Andrew. *Biotropica* 33 (1):23-33.

Schoener T. W., D. A. Spiller y J. B. Losos. 2003. Variable ecological effects of hurricanes: The importance of seasonal timing for survival of lizards on Bahamian islands. *PNAS*. Vol. 101 (1): 177-181.

- Schriever T. A., J. Ramspott, B. I. Crother y C. L. Fontenot. 2009. Effects of Hurricanes Ivan, Katrina, and Rita on a Southeastern Louisiana Herpetofauna. *Bioone*. 29 (1): 112-122.
- Schroeder N. M. 2006. El ejido como institución de acción colectiva en el manejo de los ecosistemas de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. Tesis de maestría. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 164 pp.
- Sherman E. R., J., Fahey y P. Martínez. 2001. Hurricane impacts on a mangrove forest in the Dominican Republic: damage patterns and early recovery. *Biotropica* 33(3): 393-408.
- Tanner E. V. J., V. Kapos y J. R. Healey. 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the caribbean. *Biotropica*. 23(4a): 513-521.
- Tilman D. 2001. Functional diversity. *Encyclopedia of biodiversity*, Academic Press, San Diego, California, USA. Vol 3: 109-120.
- Trejo-Vázquez, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. Pp.111-122. Sobre biodiversidad: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma, Vol. 4. In: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (Eds.). *Monografías Tercer Milenio Vol. 4* Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.
- Trejo-Vázquez, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.

- Uriarte M., L.W. Rivera, J. K. Zimmerman, T. M. Aide, A. G. Power y A.S. Flecker. 2004. Effects of land use history on hurricane damage and recovery in a neotropical forest. *Plant Ecology* (174): 49-58.
- Van Bloem S. J., A. E. Lugo y G. Murphy. 2006. Structural response of caribbean dry forest to hurricane winds: a case study from guanica forest, puerto rico. *journal of biogeography*. 33(3): 516-523.
- Van S. J., P. G. Murphy, A. E. Lugo, R. Ostertag, M. Rivera, I. Ruiz, S. Molina y M. Canals. 2005. The Influence of Hurricane Winds on Caribbean Dry Forest Structure and Nutrient Pools. *Biotropica* 37 (4): 571-583.
- Vandermeer J., N. Zamora, K. Yih y D. Boucher. 1990. Regeneracion inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Rev. Biol. Trop.*, 38 (2B): 347-359.
- Walker, I. R., N. V. L. Brokaw, D. J. Lodge y R. B. Waide. 1991. Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* (23): 313-521.
- Whigham D. F., I. Olmsted, E. Cabrera y M. E. Hamon. 1991. The impact of hurricane gilbert on trees, Litterfall, and Woody Debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula. *Biotropica*. 23 (4): 434-441.
- You C. y W. H. Petty. 1991. Effects of hurricane Hugo on *Manilkara bidentata*, a primary tree species in the Luquillo experimental forest of Puerto Rico. *Biotropica*. (23): 400-406.
- Zimmerman J. K., E. M. Everham III, R. B. Waide, D. J. Lodge, C. M. Taylor y N. V. L. Brokaw. 1994. Response of tree species to hurricane winds in

subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. *Journal of Ecology*. (82): 911-922.

**Respuesta del ensamble de reptiles del bosque tropical caducifolio de la  
región de Chamela-Cuixmala, Jalisco al Huracán Jova: un evento  
catastrófico infrecuente**

**CAPITULO I**  
**Efecto de los huracanes sobre la herpetofauna  
en los bosques tropicales: una revisión y  
perspectivas.**



## **Resumen**

Las perturbaciones naturales como tormentas tropicales y huracanes tienen un efecto potencialmente catastrófico en muchas regiones tropicales del mundo. Se ha argumentado que el daño ocasionado por los vientos asociados a tormentas es responsable de la estructura de los bosques en regiones con frecuencia de huracanes. Debido a que los huracanes son más frecuentes en áreas tropicales, es de esperar que estos sean importantes en la organización de los bosques tanto en flora como en fauna. Mientras que las alteraciones físicas provocadas por este tipo de perturbación son obvias a la vista, los efectos sobre la biota no lo son. A pesar de que existe evidencia de que los huracanes afectan las comunidades de anfibios y reptiles residentes no existen estudios que evalúen el efecto de los huracanes sobre comunidades de reptiles en sitios en proceso de regeneración del bosque. Por lo que el objetivo del presente trabajo es hacer una revisión del estado actual del conocimiento sobre la respuesta de los vertebrados, y en particular sobre el ensamble de reptiles, que habitan sitios con perturbación antrópica a los huracanes.

**Palabras clave:** huracanes, bosques secundarios, reptiles, bosques tropicales secos

**Abstract**

The natural perturbations such as tropical storms and hurricanes have a potentially catastrophic effect on many tropical regions of the world. It's has been argued that the damage caused by the wind associated with storms is responsible of the structure of the forest in regions with frequent hurricanes. Due to the hurricanes are more frequently in tropical areas, it is expected that these are important in the organization of the forest in both the flora and fauna. While the physics alterations provoked by this type of perturbation are obvious, the effects on the biota aren't. Although there is evidence of the hurricanes affect the communities of amphibious and reptiles residents there are no studies that evaluate the effect of the hurricane on communities of reptiles on sites in process of regeneration of the forest. So the objective of present work is to review the actual status of knowledge about the response of the vertebrates and in particular on the assembly of reptiles, to the hurricanes on sites with anthropic perturbation.

## I. Introducción

Las perturbaciones naturales como tormentas tropicales y huracanes tienen un efecto potencialmente catastrófico en muchas regiones tropicales del mundo (Tanner *et al.* 1991, Schriever *et al.* 2009). Se ha argumentado que el daño ocasionado por los vientos asociados a tormentas es responsable de la estructura de los bosques en regiones con frecuencia de huracanes (Lorimer 1977, Oliver y Setevens 1977). Debido a que los huracanes son más frecuentes en áreas tropicales, es de esperar que estos sean importantes en la organización de los bosques tanto en flora como en fauna (Vandermeer *et al.* 1990).

Los estudios sobre el efecto de los huracanes se centran principalmente en los bosques tropicales húmedos, por lo cual los efectos de los huracanes han sido menos estudiados en los bosques tropicales secos (Van *et al.* 2005, Ruiz y Fandiño 2010). En la actualidad se reconoce ampliamente la importancia de los bosques tropicales secos como fuente de productos forestales y de servicios ambientales para el bienestar humano, además de que proporcionan el hábitat para aproximadamente 80% de las especies del planeta (Mittermeier y Goettsch 1992). Sin embargo, debido al crecimiento demográfico acelerado, el ser humano se ha enfrentado a la creciente necesidad de materia y energía explotando los ecosistemas de forma insostenible a lo largo del planeta (Dale *et al.* 2001, Almeida 2008, Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2008), lo que ha transformado estos ecosistemas naturales en paisajes fragmentados, poniendo en riesgo la funcionalidad y estabilidad de todos los ecosistemas del planeta (Dirzo y Raven 2003). Pough 2001 señala que el principal factor responsable del decline de las poblaciones de anfibios y reptiles es la modificación y destrucción del hábitat. Un ejemplo de esta acelerada pérdida de la biodiversidad ocurre en la selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978) esta vegetación presenta una alta diversidad de flora y fauna, así como un gran número de endemismos (García-Vazquez *et al.* 2006). Aun cuando la deforestación de los

bosques primarios continúa siendo alta (13 millones de ha/año), la cobertura forestal en por lo menos 18 países del mundo se ha incrementado ya sea por plantaciones forestales o por la regeneración de bosques secundarios (FAO 2005), por lo que la importancia de los bosques secundarios como facilitadores de la restauración pasiva del paisaje y la recuperación de las comunidades faunísticas en los paisajes fragmentados por las actividades agrícolas y ganaderas es cada vez más reconocida (Bowen *et al.* 2007, Walker *et al.* 2007, Chazdon 2008, Stokstad 2008). Los bosques secundarios son considerados importantes reservorios de la diversidad biológica y además son productores de bienes y servicios, entre éstos se destacan por ser reservorios de materia orgánica y nutrientes, por ser reguladores de flujos hídricos, ser sumideros de carbono, reservorios de genes y fuentes de frutos, plantas alimenticias y medicinales, madera y combustible (De las Salas 2002). Se sabe que los bosques fragmentados son más vulnerables a los daños ocasionados por los huracanes que las grandes extensiones de bosque conservado debido a que este presenta mayor continuidad y estructura (Van *et al.* 2005). Mientras que las alteraciones físicas provocadas por estas perturbaciones son obvias a la vista, los efectos sobre la biota no lo son (Tanner *et al.* 1991, Schoener *et al.* 2003, Schriever *et al.* 2009). Los cambios en la composición de la fauna silvestre son tan dramáticos como los cambios en la estructura y composición del bosque (Meerman 2001). El impacto de un ciclón puede transformar en un día la distribución y abundancia de los organismos y generar patrones muy distintos a los previos (Woodley *et al.* 1981) y a más largo plazo, estos episodios destructivos promueven cambios evolutivos en el ecosistema (Boero 1996, Scheffer *et al.* 2001). A pesar de que los huracanes son un tipo de perturbación natural importante (Boose *et al.* 2001) no existen muchos estudios que evalúen la respuesta de las comunidades, especialmente las de fauna, al paso de los huracanes debido a la carencia de datos ecológicos anteriores a este tipo de perturbaciones (como las densidades, patrones de distribución etc.) (Tanner *et al.* 1991, Meerman 2001). En general se sabe que la vida silvestre que sobrevive a la fuerza del

huracán se enfrentará a numerosos retos, particularmente en el caso de especies arbóreas como mamíferos, aves, reptiles, anfibios e invertebrados, debido a que se pierden refugios, comida y en esencia todo su ecosistema se ve modificado (Meerman 2001).

Los anfibios y reptiles son un componente importante de la diversidad biológica. A nivel mundial, por lo menos el 25% de los reptiles se encuentran amenazados de extinción (Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2008). Algunos reptiles por sus características fisiológicas y biológicas, son muy sensibles a las modificaciones que se dan en el medio natural y por eso son organismos ideales para detectar los efectos de la pérdida de hábitat de manera temporal y espacial (Lehtinen *et al.* 2003, Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2008) así como para evaluar el efecto de eventos catastróficos como los huracanes. A pesar de que existe evidencia de que los huracanes afectan las comunidades de anfibios y reptiles residentes de los bosques tropicales (Tanner *et al.* 1991, Schoener *et al.* 2003, Schriever *et al.* 2009) actualmente no existen estudios que evalúen el efecto de los huracanes sobre comunidades de reptiles en sitios en proceso de regeneración del bosque. Por lo que el objetivo del presente trabajo es hacer una revisión del estado del conocimiento sobre la respuesta de los ensambles de reptiles a eventos catastróficos como los huracanes.

## II. Características de los huracanes

Los huracanes son fenómenos tropicales de proporciones inmensas que pueden presentar vientos desde los 119 hasta >252 km/hr (CONAGUA 2012) (Tabla 1). Estos fenómenos pueden tener un efecto severo en los bosques hasta aproximadamente 500 km tierra adentro (Dale *et al.* 2001). Los daños causados por un huracán pueden ser influenciados por la estructura física y topográfica del hábitat, la severidad de la tormenta, la velocidad del movimiento de la tormenta, el diámetro de la tormenta y la susceptibilidad del ecosistema a los daños (Tanner *et al.* 1991). Los huracanes pueden inducir cambios en los hábitats terrestres y marinos, además juegan un rol importante en el clima del mundo al transportar el exceso de calor y humedad de los trópicos a latitudes templadas y boreales, además de que alteran el clima local a mediano plazo, resultado de la modificación de la cobertura vegetal y la evapotranspiración (Lugo 2000). A pesar de que algunos autores consideran que el impacto de un huracán en los bosques es menor en comparación con el daño ocasionado por los incendios forestales naturales o antropogénicos (Ross *et al.* 2001), algunos investigadores consideran de vital importancia estudiar el efecto de los huracanes sobre las comunidades de flora y fauna silvestres (Tanner *et al.* 1991, Walker *et al.* 1991, Wunderle *et al.* 2004, Schriever *et al.* 2009). Aunque el efecto del Cambio Climático Global sobre los huracanes aún no se comprende en su totalidad, se ha demostrado que el incremento en la intensidad y velocidad máxima de los huracanes se asocia con el incremento de la temperatura superficial en el trópico (Lugo 2000, Michot *et al.* 2002, Emanuel 2005, Webster *et al.* 2005, Arellano-Méndez *et al.* 2011). Webster *et al.* (2005) examinaron con datos de satélite a nivel global, la actividad de los huracanes desde 1970 y concluyeron que el promedio del número de huracanes no ha incrementado de manera global, sino que la intensidad de estos se ha incrementado. Diversos autores predicen que el calentamiento global futuro podría dar lugar a una tendencia al alza en el potencial destructivo de los

ciclones tropicales, por lo cual se considera importante estudiar la manera en que las comunidades de herpetofauna responden a este tipo de perturbaciones naturales y los cambios asociados en la estructura del hábitat especialmente en sitios con perturbación antrópica (Emanuel 2005, Goode y Allen 2008).

De acuerdo con la CONAGUA, Jova fue la depresión tropical número 10 y el huracán número 8 de la temporada 2011 del pacífico mexicano, que se formó el miércoles 5 de octubre entre las costas del estado de Guerrero a 1005 km del sur de Manzanillo Colima. Después de su formación la tormenta comenzó a intensificarse y a dirigirse hacia el oeste, alcanzando vientos de 55 k/h. La depresión tropical continuó su desplazamiento y el día 7 de octubre a 815 km al suroeste de Manzanillo alcanzó la categoría de huracán categoría I con vientos máximos sostenidos de 100 k/h y rachas de 120 k/h. Mientras avanzaba hacia el Este el huracán Jova siguió ganando fuerza y velocidad, así el día 9 de octubre alcanzó la categoría II y en la madrugada del día 10 la categoría III con vientos máximos de 195 k/h y rachas de 240 k/h encontrándose a 430 km al sureste de Manzanillo, Colima. Finalmente el huracán “Jova” tocó tierra a 8 km al Sur de La Fortuna, Jalisco, aproximadamente a las 01:00 horas local del día 12 como huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h.

### **III. Efecto de los huracanes en bosques tropicales**

Aunque una temporada de huracanes activa por lo general se traduce positivamente en un buen año para las actividades agrícolas en la mayor parte del país, para los organismos nativos no es la misma situación (Jauregui 2003). De manera general la forma en la que los organismos pueden reaccionar al paso de un huracán depende mucho de sus características físicas, fisiológicas, etc. (Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994, Meerman 2001). La mayoría de los trabajos sobre el efecto de los huracanes en bosques tropicales se centran en el daño a la vegetación especialmente a los árboles (eg. Bellingham 1991, Frangi y Lugo 1991, Gresham *et al.* 1991, Whigham *et al.* 1991, You y Petty 1991, Sherman *et al.* 2001, Goode y Allen 2008). Generalmente en el caso de los árboles el daño ocasionado varía con la localización topográfica, las características de soporte, el tamaño del árbol etc. (Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994). Sin embargo los efectos de los huracanes sobre la vegetación incluyen la mortalidad súbita y masiva de árboles así como la alteración de los patrones de regeneración del bosque (Tanner *et al.* 1991, Lugo y Scatena 1996, Lugo 2000). Dentro de los efectos indirectos de los huracanes se incluyen daños a los árboles adyacentes y a las plantas del sotobosque debido a la caída de los árboles, así como la muerte de las plantas del sotobosque al quedar expuestas a los altos niveles de luz ultravioleta (Frangi y Lugo 1991, You y Petty 1991, Goode y Allen 2008). Existen diversos estudios sobre el efecto del paso de un huracán sobre la vegetación, entre los cuales se encuentra un estudio realizado en Quintana Roo sobre el efecto del huracán Gilberto sobre la vegetación, dentro de 17 meses después del huracán, el cual reveló que a pesar de que el huracán causó la muerte de varios árboles la regeneración del bosque fue asistida por una gran cantidad de nutrientes debidos a la gran cantidad de hojas que fueron arrancadas y depositadas en el suelo, así como los árboles derribados durante el huracán, generando una biomasa y nutrimentos mayores a los totales producidos

durante los 5 años anteriores al paso del huracán (Whigham *et al.* 1991). Lo cual concuerda con lo encontrado por Van Bloem *et al.* 2006 los cuales al estudiar la vegetación del caribe mexicano tras el paso del huracán “George”, determinaron que el número de semillas germinadas aumento significativamente tras la tormenta, así como el número de brotes en los árboles (más de 10 veces). El 86 % de los árboles sobrevivieron tras 2 años del paso del huracán. Algunos autores consideran que la supervivencia de los arboles con diámetro medio es menor en comparación con los árboles de mayor y menor diámetro, esto debido a que los árboles de diámetro medio no son lo suficientemente flexibles como para escapar al impacto del viento, ni lo suficientemente gruesos para resistirlo (Vandermeer *et al.* 1990). Dependiendo del grado y severidad del huracán, así como de las características de los taxas el efecto del huracán puede variar de mínimo a catastrófico, por ejemplo en Puerto rico tras el paso de un huracán solamente el 19.5% de los árboles en un área de 4000 m<sup>2</sup> quedo de pie con algunas ramas (Vandermeer *et al.* 1990). En general diversos trabajos concluyen que los huracanes son capaces de influir en la estructura del bosque seco reduciendo el promedio del diámetro del tallo y del área basal, la densidad, así como la generación de respuesta de germinación (Whigham *et al.* 1991, Sherman *et al.* 2001, Uriarte *et al.* 2004, Van Bloem *et al.* 2006).

#### **IV. Huracanes y bosques tropicales secos**

En México, los bosques tropicales secos cubren aproximadamente el 60% del área ocupada por los bosques tropicales del país y se caracterizan por su importancia en términos de riqueza y endemismo de especies animales y vegetales (Trejo-Vázquez y Dirzo 2000, Trejo-Vázquez 2005, García 2006). Sin embargo a pesar de su importancia ecológica estos bosques tropicales han sufrido un proceso creciente de deforestación y de profunda transformación en terrenos usados para diferentes actividades humanas (CIFOR 2005). Las perturbaciones, naturales o antrópicas, como incendios y la deforestación afectan de manera negativa la distribución y composición de las comunidades vegetales (Robertson y Platt 2001). Además de este tipo de perturbación antropogénica, algunos bosques tropicales del país sufren otro tipo de perturbación natural como es el caso de los huracanes, los cuales afectan a grandes extensiones de superficie mexicana en una cierta temporada del año (CONAGUA 2012). Algunos autores consideran a los huracanes como los factores principales para la formación de algunos de los actuales ecosistemas, sobre todo en las zonas costeras (Roos *et al.* 2001, Hernández *et al.* 2005). Como es el caso de Goode y Allen (2008) los cuales tras evaluar el efecto del huracán Wilma sobre las epifitas de la reserva de "El Edén" en Yucatán encontraron que más del 50% de estas habían desaparecido tras el huracán. Los huracanes pueden defoliar totalmente a los árboles del bosque tropical seco y provocar su muerte hasta 17 meses después de su paso en caso de árboles que se hayan visto muy dañados (Whigham *et al.* 1991). En un estudio realizado en el bosque tropical seco de la Republica Dominicana se documentó el daño ocasionado por el huracán David, más de 5 millones de árboles maderables fueron dañados en un área de 246 km<sup>2</sup> (aprox. 42%), la vegetación más "compleja" fue más resistente a los daños del huracán que la vegetación más "simple" (Lugo *et al.* 1983). Los huracanes además de dañar y provocar la muerte de árboles, puede alterar totalmente un ecosistema, esta alteración puede influir de manera negativa

en la vulnerabilidad de este ecosistema a las perturbaciones posteriores (Bennett 1987, Robertson y Platt 2001). Ross *et al.* 2001 menciona que los huracanes pueden desempeñar un papel importante en la formación de los bosques tropicales secos, especialmente después de una perturbación humana o un incendio. En el caso de la región de Chamela aprox. el 70% del territorio, comprendido entre los ejidos Ranchitos, Santa cruz, Juan Gil y La fortuna, es utilizado para actividades humanas. Para el año 2003 un 45% de la superficie ejidal estaba cubierta por vegetación nativa, el 44% destinada a la ganadería extensiva y un 11% a la agricultura. Para el 2006 se calculaba que al menos la mitad de la superficie de cada uno de los ejidos está cubierta de vegetación secundaria con diferente grado de regeneración (Schroeder 2006). Debido a esto se considera importante evaluar la respuesta de como la comunidad de reptiles en proceso de restauración, previamente afectada por actividades humanas, responde al efecto de un huracán Jova sobre esa región.

## V. Efecto de los huracanes sobre las comunidades de animales

El efecto inicial directo de un huracán es la mortalidad inmediata de la biota resultado de la exposición a los fuertes vientos y lluvias, mientras que los efectos indirectos como la pérdida de alimentos y sustratos para forrajear o refugios, etc. causan la muerte de poblaciones tiempo después del paso del huracán (Cely 1991, Walker *et al.* 1991, Wunderle *et al.* 2004, Goode y Allen 2008). En general se sabe que los huracanes tiene un efecto negativo sobre las comunidades de vertebrados (Lynch 1991, Wunderle *et al.* 2004, Nicoletto 2013) ya que generan grandes cambios sobre la composición de la fauna silvestre, los cuales pueden ser tan dramáticos como los cambios generados en la estructura y composición del bosque (Meerman 2001). Algunos de los resultados de la perturbación causada por las tormentas en las comunidades de animales son los cambios en la riqueza de especies, composición de la comunidad y la abundancia (Tanner *et al.* 1991, Dale *et al.* 2001, Schriever *et al.* 2009, Nicoletto 2013). En el caso de los anfibios y reptiles no es la excepción ya que existe evidencia de que los huracanes afectan a los anfibios y reptiles residentes (Tanner *et al.* 1991, Schoener *et al.* 2003, Schriever *et al.* 2009, Nicoletto 2013). Como es el caso de un estudio realizado por Schriever *et al.* 2009 los cuales evaluaron el efecto de los huracanes Iván, Katrina y Rita sobre la comunidad de herpetofauna en diferentes tipos de hábitat, en el cual encontraron que los huracanes alteraron la composición de la comunidad y aumentaron la uniformidad de especies dentro de cada hábitat, afectando potencialmente a largo plazo la dinámica de la comunidad y las interacciones entre especies. Para el caso de los anfibios un estudio realizado por Woolbright (1991) documento que el daño ocasionado por un huracán sobre las especies del genero *Eleutherodactylus* varía según la especie y su estado reproductivo, los juveniles de todas las especies perecieron durante la tormenta; sin embargo los menos afectados fueron los adultos ya que después de trece meses del huracán aumentaron en abundancia cuatro veces el tamaño de la población antes del huracán, este cambio se atribuyó

al aumento de sitios disponibles para la colocación de los huevos y una disminución en las poblaciones de sus depredadores. De manera similar algunas especies terrestres del genero *Anolis* se ven beneficiadas con el incremento en la densidad de desechos en el suelo, así como con la pérdida de cobertura dosel, lo cual contribuye al incremento de lugares para termoregularse, sin embargo algunas especies de este género pueden ser afectadas negativamente, en especial las especies arborícolas, las cuales pierden su lugar para perchar, refugiarse, alimentarse y reproducirse reduciendo drásticamente sus abundancias tras el paso de un huracán (Reagan 1991). A pesar de esto, algunas especies pueden no verse afectadas significativamente tras el paso de un huracán y sus densidades poblacionales se mantienen estables (Reagan 1991, Tanner et al 1991, Nicoletto 2013). Otra posible respuesta de la herpetofauna a los efectos indirectos de los huracanes es desplazándose a lugares o hábitats que hayan sido menos afectados (Losos *et al.* 2003, Wunderle *et al.* 2004). En Puerto Rico se realizó un estudio donde se monitoreo el desplazamiento de una especie de Boa durante 5 años antes del paso del huracán George, al pasar el huracán se reportó un aumento en el desplazamiento de los individuos machos de 14.8 a 19.6 m diarios en respuesta a los cambios en la estructura de la vegetación y a la abundancia de presas debidas al paso del huracán (Wunderle *et al.* 2004). El efecto de un huracán puede ser tan drástico en algunas especies que puede llegar a eliminarlas por completo de un sitio como es el caso del huracán Floyd, el cual tras tocar tierra en las islas de las Bahamas afectó tanto a una especie del genero *Anolis*, que todas las lagartijas que se encontraban en islas con una altitud menor a los 3 metros perecieron en la tormenta; después de 19 meses del huracán las poblaciones de esta especie de lagartija se recuperaron un 88 % en las islas antes pobladas, eso podría deberse a que algunos huevos hayan sobrevivido a la tormenta o la colonización de lagartijas que viajaron a través del agua de una isla a otra (Schoener *et al.* 2001). Se ha documentado que los huracanes provocan, la caída de árboles generando restos leñosos, afectando la

disponibilidad de recursos y así mismo aumentando significativamente la heterogeneidad de los hábitats. Además con la reducción en la cobertura dosel en las áreas afectadas se genera un aumento de la cantidad de radiación solar que llega al sotobosque, lo cual provoca un crecimiento importante de sotobosque. Todos estos factores influyen significativamente sobre la herpetofauna y probablemente puedan favorecer al aumento en el tamaño de las poblaciones de reptiles después de un huracán (Greenberg 2001, Nicoletto 2013). En general la respuesta de la herpetofauna a la perturbación causada por un huracán se ve principalmente reflejada en la densidad de las poblaciones, los cambios en el uso del hábitat y la movilidad en algunas especies, sin embargo el efecto que tenga este tipo de perturbación depende del tipo y la magnitud de la perturbación, así como de las especies examinadas (Schoener *et al.* 2001, Greenberg 2002, Losos *et al.* 2003, Wunderle *et al.* 2004, Schriever *et al.* 2009).

## VI. Huracanes y la sucesión secundaria

Las perturbaciones naturales como los huracanes frecuentemente resultan en un cambio temporal en la evolución, dirección y reemplazo de las especies asociadas con los procesos de sucesión vegetal (Tanner *et al.* 1991). El daño ocasionado por los huracanes sobre los arboles varía con la localización topográfica, las características de soporte del árbol, el tamaño del árbol etc. (Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994). Con respecto a esto, Ross *et al.* (2001) evaluaron el efecto del huracán Andrew sobre la comunidad de árboles de un bosque secundario con diferente tiempo de abandono, tras ser utilizado por la agricultura y otras actividades antropogénicas, en el cual encontraron que el estadio con mayor resistencia al paso del huracán debido a las características de los taxas presentes es el estadio más temprano en la secuencia sucesional. Sin embargo otros autores contradicen este patrón asegurando que los estadios más viejos tienen mayor posibilidad de sobrevivir al paso de una tormenta (Zimmerman *et al.* 1994, Sherman *et al.* 2001). Asegurando que debido a su estructura los bosques fragmentados son más vulnerables a los daños ocasionados por los huracanes que los bosques conservados ya que los bosques conservados presentan una mayor continuidad (Lugo *et al.* 1983, Zimmerman *et al.* 1994, Van *et al.* 2005). Sherman *et al.* 2001 al evaluar el efecto del huracán George sobre un manglar en regeneración de la Republica Dominicana, encontró que tras el paso del huracán la mayoría de los arboles más jóvenes (>1 m de altura y <5 cm de DAP) no sobrevivieron al huracán y que aproximadamente el 72 % de los árboles de sus parcelas y el 66% de los árboles muestreados en claros murieron. De igual manera un estudio realizado en un bosque secundario subtropical de Puerto Rico, se encontró que después del huracán Hugo aproximadamente un cuarto de los arboles sufrieron algún tipo de daño, sin embargo la vegetación pionera fue la más afectada y presentó una baja capacidad para brotar nuevas ramas después de los daños sufridos por el huracán, en cambio las especies no pioneras sufrieron daños y mortalidad

moderados, a pesar de que la mortalidad se dio principalmente por la ruptura de los tallos.

Los huracanes pueden generar grandes cambios sobre la vegetación en regeneración (Lugo y Scatena de 1996, Lugo 2000). Estos cambios pueden influenciar en la dirección de sucesión, aumentando la heterogeneidad del paisaje y aumentando las tasas de recambio de especies (Lugo y Scatena 1995). A pesar de esto algunos autores aseguran que en un bosque secundario la regeneración de la comunidad después del paso del huracán no se considera una “sucesión” en el sentido de la sustitución de las especies, sino más bien al rebrote de una parte sustancial de las especies de la comunidad que sobrevivieron al huracán (Vandermeer *et al.* 1990, Boucher *et al.* 2001).

## VII. Huracanes y su efecto sobre la herpetofauna en bosques secundarios

Desde hace varios años se ha documentado ampliamente la importancia de los bosques tropicales como los principales reservorios de la diversidad biológica del planeta (Trejo-Vazquez y Dirzo 2000, Trejo-Vazquez 2005, García 2006, Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2008) además también existen numerosos estudios que evalúen el efecto que tienen las diferentes perturbaciones, especialmente las antropogénicas, sobre este tipo de hábitat (Gorresen y Willing 2004, Hernández 2009, Lara 2011, Márquez 2012). De manera particular la mayoría de los trabajos demuestran que las perturbaciones antropogénicas tienen un efecto negativo sobre la comunidad de reptiles (Calderón-Mandujano *et al.* 2008, Hernández 2009) concordando que los sitios de bosque maduro presentan mayores valores de abundancia, riqueza, diversidad, además de especies especialistas en comparación con los sitios de regeneración más jóvenes (Tocher *et al.* 2002, Vallan 2002, Ashton *et al.* 2006, Gardner *et al.* 2007). El efecto de los huracanes sobre las comunidades ha sido ampliamente estudiado en los bosques tropicales, sin embargo la mayoría de los estudios se centran en la vegetación y la mayoría son de bosques templados (Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994, Meerman 2001, Sherman *et al.* 2001, Goode y Allen 2008). En el caso de las comunidades de animales existen diversos estudios con invertebrados, aves, mamíferos, anfibios, reptiles, etc. (Gannon y Willig 1994, Tanner *et al.* 1991, Wunderle *et al.* 2004, Vilella y Fogarty 2005, Nicoletto 2013). Aunque existen estudios sobre la respuesta de la herpetofauna a los huracanes, la mayoría se centra en anfibios y reptiles de bosques templados (Tanner *et al.* 1991, Schoener *et al.* 2003, Vilella y Fogarty 2005, Schriever *et al.* 2009). La mayoría de los trabajos concuerdan en que el efecto de un huracán sobre las comunidades, varía dependiendo de la estructura del hábitat, su ubicación, las características físicas, además de las características biológicas de los individuos (Sherman *et al.* 2001, Losos *et al.* 2003, Wunderle *et al.* 2004, Goode y Allen 2008, Schriever *et al.* 2009). Actualmente no existen trabajos

que demuestren el efecto de los huracanes sobre las comunidades de reptiles en bosque tropicales secos especialmente en proceso de regeneración. Por lo que el presente estudio pretende evaluar la respuesta que la comunidad de reptiles de un bosque en recuperación tiene al paso del Huracán Jova.

## VIII. Conclusiones

Algunos autores consideran a los huracanes como los factores principales para la formación de algunos de los actuales ecosistemas, sobre todo en las zonas costeras (Roos *et al.* 2001, Hernández *et al.* 2005). Diversos trabajos concluyen que los huracanes son capaces de influir en la estructura del bosque tropical seco especialmente después de una perturbación humana o un incendio (Whigham *et al.* 1991, Ross *et al.* 2001); además aseguran que debido a su estructura los bosques fragmentados son más vulnerables a los daños ocasionados por los huracanes que los bosques conservados (Lugo *et al.* 1983, Zimmerman *et al.* 1994, Van *et al.* 2005). En general consideran que las perturbaciones naturales como los huracanes frecuentemente pueden alterar los patrones de regeneración del bosque, dando como resultado un cambio temporal en la evolución, dirección y reemplazo de las especies asociadas con los procesos de sucesión vegetal, sin embargo no existen estudios que demuestren el efecto de los huracanes sobre las comunidades de reptiles en bosque tropicales secos proceso de regeneración (Tanner *et al.* 1991, Lugo y Scatena 1996, Lugo 2000).

En la región de Chamela se realizaron dos estudios previos al paso del huracán Jova sobre la estructura del ensamble de lagartijas y serpientes en un bosque con cinco diferentes estados de sucesión (Lara 2011 y Márquez 2012) en los cuales no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la riqueza, abundancia y diversidad de especies entre los cinco estados de sucesión, estos estudios contradicen a los encontrados por diferentes autores en los cuales aseguran que los estadios tardíos o viejos son los que presentan mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad de especies, siendo los estadios tempranos o jóvenes los más pobres (Calderón-Mandujano *et al.* 2008, Avila-Cabadilla *et al.* 2009, Hernández 2009). Aunque la respuesta de las especies a las perturbaciones antrópicas y a la sucesión secundaria se han documentado para la herpetofauna de la región de Chamela, el impacto del huracán Jova sobre esta región es una

oportunidad para evaluar la respuesta de la herpetofauna que habita en bosques secundarios a un evento catastrófico poco frecuente, sobre todo cuando los modelos del cambio climático predicen un incremento en estos fenómenos. Este modelo de estudio permite las siguientes preguntas: ¿El huracán Jova propició el incremento de nuevos hábitats o refugios de tal manera que hubo un aumento temporal en la abundancia de especies normalmente raras en cada uno de los estadios de la sucesión secundaria? ¿El huracán Jova redujo la dominancia de las especies favoreciendo la diversidad de los diferentes estadios sucesionales? ¿La riqueza y diversidad de especies de reptiles de los bosques secundarios son similares a las que existían antes del impacto del huracán Jova?. El Trabajo de Lara (2011) y Márquez (2012) servirán de base para estimar la respuesta del ensamble de reptiles al paso del huracán Jova; el cual de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA 2012) presento una categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson (Tabla 1) al tocar tierra, siendo el huracán más fuerte en tocar en esta región (Tabla 2) (CONAGUA 2012).

Tabla 1. Categorías de huracanes según la escala de Saffir-Simpson

Categoría	Vientos Maximos (km/h)	Daños potenciales
Onda tropical	**	Mínimos
Perturbacion tropical	**	Moderados
Depresion tropical	<62	Localmente destructivo
Tormenta tropical	63 a 118	Destructivo
Uno	119 a 153	Altamente destructivo
Dos	154 a 177	Altamente destructivo
Tres	178 a 208	Extremadamente destructivo
Cuatro	209 a 251	Extremadamente destructivo
Cinco	>250	Extremadamente destructivo

Tabla 2. Huracanes que tocaron tierra en Jalisco, México de 1971 a 2011.

Nombre	Categoría	Año	Vientos maximos al impacto (k/h)
Jova	H2	2011	160
Beatriz	H1	2011	150
Olaf	TT	2003	100
Hernan	H1	1996	120
Eugene	H1	1987	148
Adolph	TT	1983	65
Lily	H1	1971	140

## IX. Literatura citada

- Almeida, D. 2008. Ecología y conservación de la fauna fluvial en el parque nacional de cabañeros: efectos de la degradación del hábitat y de la introducción de especies exóticas. Tesis de Doctorado. Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid. 145 pp.
- Arellano-Méndez L., M. Liceaga-Correa, J. A. Herrera-Silveira y H. Hernández-Núñez. 2011. Impacto por huracanes en las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Caribe Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 59 (1): 385-401.
- Ashton, D.T., S. B. Marks, y H. H. Welshc Jr. 2006. Evidence of continued effects from timber harvesting on lotic amphibians in redwood forests of northwestern California. *Forest Ecology and Management* 221: 183-193.
- Avila-Cabadilla L. D., K. E. Stoner, M. Henry y M. Y. Alvarez. 2009. Composition, structure and diversity of phyllostomid bat assemblages in different successional stage of a tropical dry forest. *Forest ecology and management.* (258): 986-996.
- Bellingham, P. J. 1991. Landforms influence patterns of hurricane damage: evidence from Jamaican montane forest. *Biotropica* (23): 427-439.
- Bennett B. C. 1987. Spatial distribution of *Catopsis* and *Guzmania* (Bromeliaceae) in southern Florida. *Bull. Torrey Bot. Club* (114): 265-271.
- Boero, F. 1996. Episodic events: Their relevance to Ecology and Evolution. *P.S.Z.N. I, Mar. Ecol.* (17): 237-250.

- Boose, E. R., K. E. Chamberlin y D. R. Foster. 2001. Landscape and regional impacts of hurricanes in New England. *Ecological Monographs* (71):27-48.
- Bowen, M. E., C. A. McAlpine, A. P. N. House, y G. C. Smith. 2007. Regrowth forests on abandoned agricultural land: A review of their habitat values for recovering forest fauna. *Biological Conservation* (140): 273-296.
- Calderón-Mandujano, R., C. Galindo-Leal, y R. Cedeño-Vázquez. 2008. Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 95-114.
- Carvajal-Cogollo J. E. y J. N. Urbina-Cardona. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical conservation science*. 1 (4):397-416.
- Cely J. E. 1991. Wildlife effects of hurricane Hugo. *Journal of coastal research*. (8): 319-326.
- Chazdon, R. L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320: 1458-1450.
- CIFOR. 2005. *State of the World's Forests*. FAO, 153 pp.
- CONAGUA:                    accesado                    octubre                    del                    2012.  
[http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=102](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102)

Dale V. H., L. A. Joyce, S. McNulty, R. P. Neilson, M. P. Ayres, M. D. Flannigan, P. J. Hanson, L. C. Irland, A. E. Lugo, C. J. Peterson, D. Simberloff, F. J. Swanson, B. J. Stocks y B. M. Wotton. 2001. Climate Change and Forest Disturbances. *Bioone* 51 (9): 723-734.

De Ita-Martínez C. 1983. Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

De Las Salas, G. 2002. Los bosques secundarios de América tropical: perspectivas para su manejo sostenible. *Bois et forêts des tropiques*, 2002, N° 272 (2):63-73.

Dirzo, R., y Raven, P.H. 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environmental Resources* (28):137-167.

Emanuel, K.A. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* (436): 686-688.

FAO 2005. Situación de los bosques en el mundo. Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica, División de Comunicación.

Frangi J. L. y A. e. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo mountains of Puerto Rico. *Biotropica*. (23): 324-335.

Gannon M. R. y M. R. Willig. 1994. The effects of hurricane Hugo on bats of the Luquillo experimental forest of Puerto Rico. *Biotropica*. 26 (3): 320-331.

- Garcia, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation* (130): 25–46.
- García-Vázquez, U. O., L. Canseco-Márquez, J. L. Aguilar-López, C. A. Hernández-Jiménez, J. Maceda-Cruz, M. G. Gutierrez-Mayen Y E. Y. Melgarejo-Velez. 2006. Análisis de la distribución de la herpetofauna en la región mixteca de Puebla, México. *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad*. Pp. 152-169.
- Gardner, T.A., M. A. Ribeiro-Junior, J. Barlow, T. C. S. Ávila-Pires, M. S. Hoogmoed, y C. A. Peres. 2007. The biodiversity value of primary, secondary and plantation forests for a neotropical herpetofauna. *Conservation Biology* 21: 775-787.
- Goode L. K. y M. F. Allen. 2008. The impacts of hurricane Wilma on the Epiphytes of El Eden ecological reserve, Quintana Roo, Mexico. *Journal of the Torrey Botanical Society*, Vol. 135 (3): 377-387.
- Gorresen, P. y M.R. Willing. 2004. Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic forest of Paraguay. *Journal of Mammalogy* 85:688–697.
- Greenberg C. H. 2001. Response of reptile and amphibian communities to canopy gaps created by wind disturbance in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*. (148): 135-144.
- Gresham, C. A., T. M. Williams y D. J. Lipscomb. 1991. Hurricane Hugo wind damage to Southeastern U.S. coastal forest tree especies. *Biotropica* (23): 420-426.

- Hernández A. J., S. Alexis y J. Pastor. 2005. Contribucion al estudio de la degradacion de los suelos de los bosques tropicales de la provincia de pedernales (República Dominicana). II simposio nacional sobre control de la degradacion de suelos. pp.173-177
- Hernández, O.O. 2009. “Cambios de composición y estructura de comunidades de anfibios y reptiles en una cronosecuencia de bosques secundarios de una región tropical cálido-húmeda. Tesis de Maestría. Centro de investigaciones en ecosistemas. Universidad nacional autónoma de México. 67pp.
- Jauregui, E. 2003. Climatology of landfalling hurricanes and tropical storm in Mexico. *Atmosfera*. 193-204.
- Lara N. 2011. Estructura y composición del ensamblaje de lagartijas en diferentes estadios sucesionales de un bosque tropical seco en la Región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 47 pp.
- Lehtinen , R.J., J. B. Ramanamanjato, y J. G. Raveloarison. 2003. Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. *Biodiversity and Conservation* 12: 1357–1370.
- Lorimer C. G. 1977. The presenttlement forest and natural disturbance cycle of northeastern Maine. *Ecology*. 58: 139-148.
- Losos J. B., T. W. Schoener y D. A. Spiller. 2003. Effect of immersion in seawater on egg survival in the lizard *Anolis sagrei*. *Oecologia*. (137): 360-362.

- Lugo A., M. Applefield, D. J. Pool, R. B. McDolnald. 1983. The impact of hurricane David on the forest of Dominica. *Canadian journal of forest research*. 13 (2): 201-211.
- Lugo A. E. 2000. Effects and outcomes of Caribbean hurricanes in a climate change scenario. *Science of the Total Environment* 262: 243–251.
- Lugo, A. E. y F. N. Scatena. 1995. Ecosystem-level properties of the Luquillo Experimental Forest, with emphasis of the tabonuco forest. Pages 59–108 in Lugo AE, Lowe C, eds. *Tropical Forests: Management and Ecology*. New York: Springer-Verlag.
- Lugo A. E. y Scatena F. N. 1996. Background and catastrophic tree mortality in tropical moist, wet, and rain forest. *Biotropica*. 28 (4a): 585-599.
- Lynch J. F. 1991. Effects of hurricane Gilbert on birds in a dry tropical forest in the Yucatan Peninsula. *Biotropica*. 23 (4):488-496.
- Michot, T.C., J.N. Burch, A. Arrivillaga, P.S. Rafferty, T.W. Doyle & R.S. Kemmerer. 2002. Impacts of Hurricane Mitch on seagrass beds and associated shallow reef communities along the Caribbean coast of Honduras and Guatemala. U.S. Geological Survey Open File Report 03-181, National Wetlands Research Center, Lafayette, Louisiana, EEUU.
- Márquez C. 2012. Estructura y composición del ensamble de serpientes en estadios sucesionales del bosque tropical seco en la región de Chamela, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 42 pp.

- Meerman, J. C. y W. Sabido. 2001. Central American Ecosystems Map: Belize. Programme for Belize. 2 volumes and Map.
- Mittermeier R. A. y C. Goettsch. 1992. Importancia de la diversidad biológica de Mexico. Comision nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. MExico ante los retos de la biodiversidad.
- Nicoletto P. F. 2013. Effects of hurricane Rita on the herpetofauna of Village Creek Satate Park, Hardin County, Texas. The Southwestern Naturalist. 58 (1): 64-69.
- Oliver, C. D. y E. P. Stephens. 1977. Reconstruction of a mixed-species forest in central New Engñand. Ecology. 58: 526-572.
- Reagan D. P. 1991. The response of *Anolis* lizards to hurricane-induced habitat changes in a Puerto Rican rain forest. Biotropica 23 (4): 468-474.
- Robertson K. M. y W. J. Platt. 2001. Effects of multiple Disturbances (Fire and Hurricane) on Epiphyte Community Dynamics in a Subtropical Forest, Florida, U.S.A. Biotropica. 33 (4): 573-582.
- Ross M. S., M. Carrington, L. J. Flynn y P. L. Ruiz. 2001. Forest Succession in Tropical Hardwood Hammocks of the Florida Keys: Effects of Direct Mortality from Hurricane Andrew. Biotropica 33 (1):23-33.
- Ruiz J. y M. C. Fandiño. 2010. El impacto del huracán beta en los bosques de la isla Providencia, Colombia, Suroccidente caribeño. Caldasia 32 (2):425-434.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial limusa, México, D.F.

- Scheffer, M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke y B. Walker. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.
- Schoener T. W., D. A. Spiller y J. B. Losos. 2001. Natural restoration of species-area relation for a lizard after a hurricane. *Science*. 294 (5546): 1525-1528.
- Schoener T. W., D. A. Spiller y J. B. Losos. 2003. Variable ecological effects of hurricanes: The importance of seasonal timing for survival of lizards on Bahamian islands. *PNAS*. Vol. 101 (1): 177-181.
- Schriever T. A., J. Ramspott, B. I. Crother y C. L. Fontenot. 2009. Effects of Hurricanes Ivan, Katrina, and Rita on a Southeastern Louisiana Herpetofauna. *Bioone*. 29 (1): 112-122.
- Schroeder N. M. 2006. El ejido como institución de acción colectiva en el manejo de los ecosistemas de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. Tesis de maestría. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 164 pp.
- Sherman E. R., J., Fahey y P. Martínez. 2001. Hurricane impacts on a mangrove forest in the Dominican Republic: damage patterns and early recovery. *Biotropica* 33(3): 393-408.
- Stokstad, E. 2008. A second Chance for Rainforest Biodiversity. *Science* 320:1436-1438.
- Tanner E. V. J., V. Kapos y J. R. Healey. 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the caribbean. *Biotropica*. 23(4a): 513-521.

- Tocher, M., C. Gascon, y J. R. Meyer. 2002. Community composition and breeding success of Amazonian frogs in continuous forest and matrix aquatic sites. Pp. 235–247. *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. In: Bierregaard, R.O., Gascon, C., Lovejoy, T.E., Mesquita, R. (eds.). Yale University Press, New Haven.
- Trejo-Vázquez, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133–142.
- Trejo-Vazquez, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. Pp.111–122. *Sobre biodiversidad: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*, Vol. 4. In: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (Eds.). *Monografías Tercer Milenio Vol. 4* Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.
- Uriarte M., L.W. Rivera, J. K. Zimmerman, T. M. Aide, A. G. Power y A.S. Flecker. 2004. Effects of land use history on hurricane damage and recovery in a neotropical forest. *Plant Ecology* (174): 49-58.
- Vallan, D. 2002. Effects of anthropogenic environmental changes on amphibian diversity in the rain forest of eastern Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 18: 725-742.
- Van S. J., P. G. Murphy, A. E. Lugo, R. Ostertag, M. Rivera, I. Ruiz, S. Molina y M. Canals. 2005. The Influence of Hurricane Winds on Caribbean Dry Forest Structure and Nutrient Pools. *Biotropica* 37 (4): 571-583.

- Van Bloem S. J., A. E. Lugo y G. Murphy. 2006. Structural response of caribbean dry forest to hurricane winds: a case study from guanica forest, puerto rico. *journal of biogeography*. 33(3): 516-523.
- Vandermeer J., N. Zamora, K. Yih y D. Boucher. 1990. Regeneracion inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Rev. Biol. Trop.*, 38 (2B): 347-359.
- Vilella F. J. y J. H. Fogarty. 2005. Diversity and abundance of forest frogs (Anura: Leptodactylidae) before and after hurricane Georges in the Cordillera Central of Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*. 41 (1): 157-162.
- Walker, I. R., N. V. L. Brokaw, D. J. Lodge y R. B. Waide. 1991. Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* (23): 313-521.
- Walker, L. R., J. Walker, y R. J. Hobbs, Eds. 2007. *Linking restoration and ecological succession* (Springer, New York).
- Webster, P.J., G.J. Holland, J.A. Curry & H.R. Chang. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science* (309): 1844-1846.
- Whigham D. F., I. Olmsted, E. Cabrera y M. E. Hamon. 1991. The impact of hurricane gilbert on trees, Litterfall, and Woody Debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula. *Biotropica*. 23 (4): 434-441.
- Woodley, J.D., E.A. Chornesky, P.A. Clifford, J.B.C. Jackson, L.S. Kaufman, N. Knowlton, J.C. Lang, M.P. Pearson, J.W. Porter, M.C. Rooney, K.W.

Rylaarsdam, V.J. Tunnicliffe, C.M. Wahle, J.L. Wulff, A.S.G. Curtis, M.D. Dullmeyer, B.P. Jupp, M.A.R. Koehl, J. Neigel y E.M. Sides. 1981. Hurricane Allen's impact on Jamaican coral reefs. *Science* 214: 749-755.

Woolbright L. L. 1991. The impact of hurricane Hugo on forest frogs in Puerto Rico. *Biotropica*. Part A. Special Issue: Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the caribbean. 23 (4): 462-467.

Wunderle J. M., J. E. Mercado, B. Parresol y E. Terranova. 2004. Spatial Ecology of Puerto Rican Boas (*Epicrates inornatus*) in a Hurricane Impacted Forest. *Biotropica* 36 (34): 555-571.

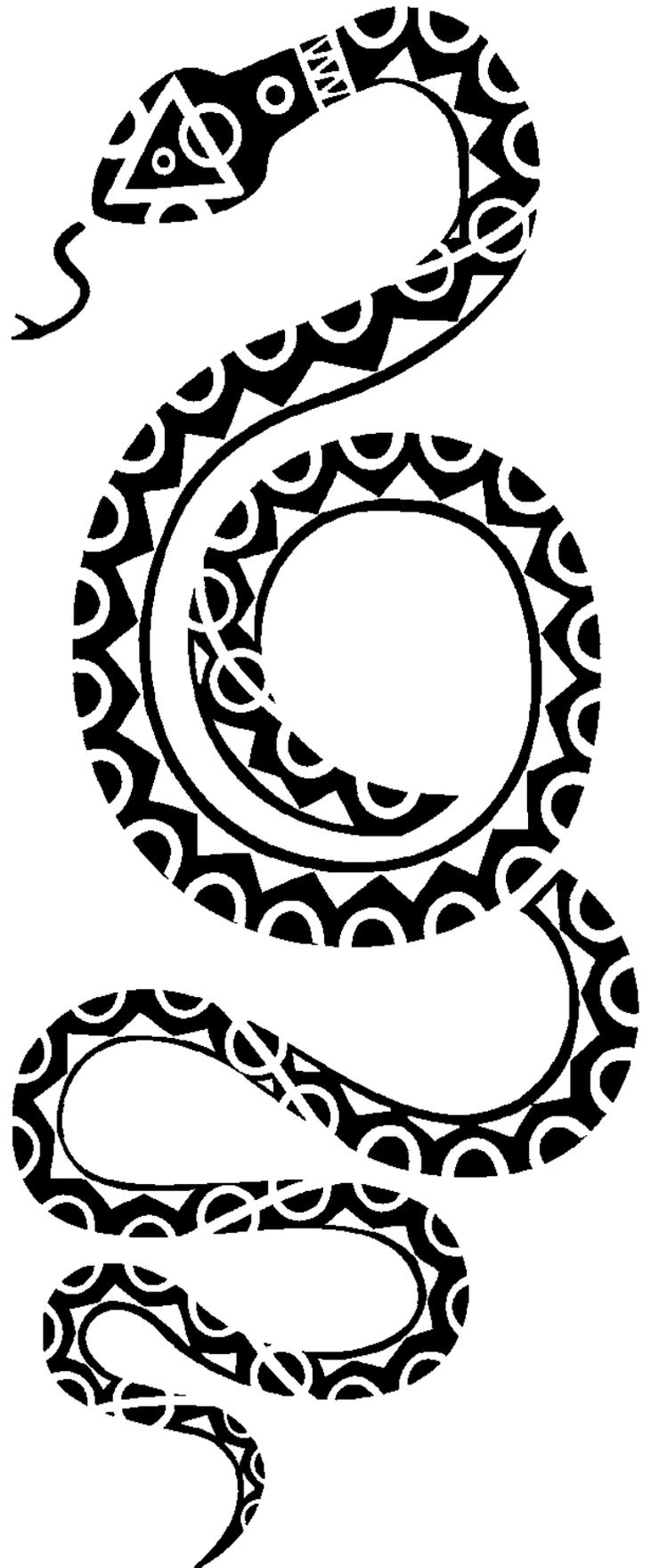
You C. y W. H. Petty. 1991. Effects of hurricane Hugo on *Manilkara bidentata*, a primary tree species in the Luquillo experimental forest of Puerto Rico. *Biotropica*. (23): 400-406.

Zimmerman J. K., E. M. Everham III, R. B. Waide, D. J. Lodge, C. M. Taylor y N. V. L. Brokaw. 1994. Response of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. *Journal of Ecology*. (82): 911-922.



## **CAPITULO II**

### **Efecto del huracán Jova sobre la comunidad de reptiles**



**Resumen**

Los bosques tropicales del mundo han sufrido un proceso de constante transformación para actividades humanas por lo cual actualmente la mayoría de la superficie arbolada de nuestro país se encuentra en algún proceso de regeneración. Además de las perturbaciones antropogénicas algunos bosques del país sufren de perturbaciones naturales como los huracanes. La estructura y composición de reptiles en 5 categorías sucesionales se analizó durante 630 hr/persona en la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco antes y 630 hr/persona después del paso del huracán Jova. Aunque no se encontraron diferencias significativas en los valores de abundancia de especies de reptiles, el número de individuos de algunas especies de lagartijas aumento considerablemente con el paso del huracán, los cambios en las abundancias se deben principalmente a la presencia de especies oportunistas. Los cambios en la riqueza y diversidad de especies se deben al recambio de especies de serpientes con el paso del huracán, a pesar de que no encontramos diferencias estadísticas. Se considera que los cambios en el ensamble de reptiles se deben principalmente a los cambios en el hábitat provocados por el huracán, como la acumulación de restos leñosos, los cuales provocaron un efecto positivo en algunas especies de reptiles.

**Palabras clave:** huracanes, perturbación, serpientes, *Anolis*, especies oportunistas, abundancia, bosque tropical seco.

**Abstract**

The tropical forests of the world have suffered a constant process of transformation for human activities for which actually the most of the wooded surface of our country is in process of regeneration. Besides anthropogenic perturbations some forests of the country suffer of natural perturbations such as hurricanes. The structure and composition of reptiles on 5 successional categories was analyzed during 630 hr/person in the region of Chamela-Cuixmala, Jalisco before and 630 hr/person after of hurricane Jova. Although no significant differences in the values of plenty of reptile species, the number of the individuals of some species of lizards increased considerably with the pass of the hurricane, the changes in the abundances are mainly due to the presence of opportunistic species. The changes in the richness and diversity of species are due to turnover of species of snakes with the pass of the hurricane, although no statistical differences were found. It is considered that the changes in the assembly of reptiles are mainly due to the changes on the habitat induced by the hurricane, as the accumulation of woody remains, which provoke a positive effect in some species of reptiles.

**Key words:** hurricanes, snakes, *Anolis*, opportunistic species, abundance, tropical dry forest

## I. Introducción

Un ecosistema tan complejo y diverso como un bosque tropical, lejos de encontrarse en una situación de equilibrio, está sometido a todo tipo de alteraciones que generan un constante cambio en él, incluyendo cambios en la composición de sus especies (Martínez-Ramos 1994, Granzow *et al.* 1997). La mayoría de las alteraciones en los ecosistemas son inducidas por actividades humanas, y es por esto que existen diversos estudios que evalúan el efecto de las perturbaciones antropogénicas sobre las comunidades de vertebrados (Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2008, Suazo-Ortuño *et al.* 2008); los efectos reportados van desde la extinción en el caso de perturbaciones intensas a imperceptibles en perturbaciones bajas (Granzow *et al.* 1997). Algunos bosques tropicales del país además de sufrir este tipo de perturbaciones antropogénicas sufren de perturbaciones naturales como son los huracanes, los cuales son fenómenos tropicales de proporciones inmensas que afectan a grandes extensiones de la superficie arbolada de nuestro país en una cierta temporada del año (CONAGUA 2012). Debido a que los huracanes son frecuentes en las áreas tropicales, se les considera como uno de los factores principales que influyen en la formación, estructura y composición de los bosques tropicales (Roos *et al.* 2001, Ruiz 2001, Hernández *et al.* 2005). El efecto de los huracanes sobre las comunidades ha sido muy estudiado en los trópicos especialmente en bosques templados, así como en las zonas costeras principalmente en arrecifes (Bellingham 1991, Frangi y Lugo 1991, Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994, Meerman 2001, Sherman *et al.* 2001, Goode y Allen 2008). Se sabe los daños causados por un huracán depende de la severidad, diámetro y velocidad de movimiento de la tormenta, la estructura física y topográfica del hábitat, así como de la susceptibilidad del ecosistema a los daños (Tanner *et al.* 1991, Sherman *et al.* 2001, Van *et al.* 2005). En el caso de los árboles el daño dependerá en gran parte de su localización topográfica, características de soporte y tamaño del árbol, por ejemplo el huracán Hugo

tuvo un efecto fuertemente negativo sobre los árboles “pioneros” debido a que sus tallos se rompieron con los fuertes vientos, de igual manera los árboles de los sitios más lejanos al centro de la tormenta sufrieron daño “leve” sobre su estructura en comparación con los más cercanos (Tanner *et al.* 1991, Zimmerman *et al.* 1994). En contraste con los estudios de vegetación, los trabajos sobre el efecto de los huracanes en las comunidades de animales, en especial vertebrados, son limitados (Gannon y Willig 1994, Wunderle *et al.* 2004, Vilella y Fogarty 2005, Nicoletto 2013). Sin embargo, la mayoría de los trabajos concuerdan en que la respuesta de los individuos depende de sus características físicas, fisiológicas, biológicas, etc. (Meerman 2001, Losos *et al.* 2003, Wunderle *et al.* 2004, Schriever *et al.* 2009). Por ejemplo el huracán Floyd eliminó por completo poblaciones de una lagartija en islas de las Bahamas ya que la tormenta golpeo esa zona justo después de la época de reproducción (Schoener y Losos 2003). Por el contrario, en algunos casos el impacto de los huracanes puede ser positivo (Reagan 1991, Nicoletto 2013), debido a que algunas especies son capaces de aprovechar los cambios generados en su hábitat por los huracanes, aumentando considerablemente su abundancia, como algunas lagartijas del género *Anolis* las cuales tras el paso del huracán Hugo, aumentaron su abundancia relativa pre huracán de 2% a 51% post huracán (Reagan 1991). De igual manera Nicoletto (2013) tras evaluar el impacto del huracán Rita sobre la herpetofauna, encontró que éste tuvo un efecto positivo en la herpetofauna, ya que las abundancias de la mayoría de las especies aumentaron en gran medida y ninguna especie desapareció. Estos efectos positivos al parecer se deben a la acumulación de restos leñosos así como al incremento de luz solar debido a la caída de árboles con el paso del huracán, ya que aumentan la heterogeneidad de hábitats, lo que conlleva a un aumento de recursos y espacio vital para los anfibios y reptiles (Reagan 1991, Woolbright 1991, Nicoletto 2013). Es precisamente este aumento de sitios disponibles para la colocación de huevos lo que llevo a algunas especies del género *Eleutherodactylus* a aumentar su tamaño poblacional hasta 4 veces más después del paso del

huracán Hugo (Woolbright 1991). Sin embargo algunas especies pueden responder a estos cambios en el hábitat aumentando su desplazamiento en busca de refugios o alimento, como es el caso de un trabajo realizado en Puerto Rico, en el cual se evaluó el desplazamiento de una especie de Boa tras el paso del huracán George, las boas estudiadas aumentaron su desplazamiento, yendo de zonas con daños graves a sitios menos dañados tras el paso del huracán, esto en respuesta a los cambios en el follaje, pero principalmente a la disminución en las abundancias de sus presas (Wunderle *et al.* 2004).

Aunque se ha documentado que los huracanes pueden favorecer a las comunidades animales debido al incremento en la heterogeneidad de hábitats, por la caída de árboles y material en descomposición (Reagan 1991, Nicoletto 2013), es importante destacar que esto generalmente se ha reportado para bosques maduros o bosques bajo esquemas de protección en zonas templadas (Reagan 1991, Wunderle *et al.* 2004, Nicoletto 2013) y no para bosques en proceso de regeneración. De acuerdo con varios estudios los bosques fragmentados son más vulnerables a los daños ocasionados por los huracanes que los bosques conservados, ya que los bosques conservados presentan una mayor continuidad y estructura (Lugo *et al.* 1983, Zimmerman *et al.* 1994, Sherman *et al.* 2001, Van *et al.* 2005). Al parecer, dentro de los bosques secundarios la edad de regeneración también juega un papel importante, por ejemplo al evaluar el efecto del huracán Andrew sobre la comunidad de árboles de un bosque secundario con diferente tiempo de abandono, tras ser utilizado por la agricultura y otras actividades antropogénicas, se encontró que el estadio con mayor resistencia al paso del huracán fue el estadio más temprano en la secuencia sucesional (Ross *et al.* 2001). A pesar de la importancia de evaluar el efecto de los huracanes sobre los bosques secundarios, toda vez que en la actualidad estos bosques constituyen el paisaje dominante en todas las regiones tropicales del mundo (Bowen *et al.* 2007, Walker *et al.* 2007, Chazdon 2008, Stokstad 2008), no existe información que evalúe el impacto de los huracanes sobre la

comunidad de vertebrados que habita en bosques secundarios con diferentes edades de regeneración, en particular para la herpetofauna de los bosques tropicales secos. Por un lado existe información que indica que las comunidades animales presentan diferente estructura y composición dependiendo de la edad de regeneración del bosque, y que en algunos casos estas comunidades requerirán de varios años antes de alcanzar una composición similar a la de los bosques maduros (Lara 2011, Marquez 2011, Paz 2012, Hernández 2009, Martínez-Ramos *et al.* En prensa, Avila-Cabadilla 2009), por lo que resulta primordial reconocer el impacto que una nueva perturbación causará sobre estas comunidades. Bajo este escenario una comunidad animal habitando un bosque secundario de cierta edad de regeneración podría incrementar (respuesta positiva), disminuir (respuesta negativa) o permanecer (respuesta neutra) con la misma estructura y composición de especies como respuesta al efecto del huracán, lo que modificará su trayectoria en la sucesión secundaria.

En el 2011 el BTS de Chamela Jalisco sufrió el impacto del Huracán Jova catalogado categoría 2 al tocar tierra (CONAGUA 2012). A pesar de que en esta región se asienta la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, estudios recientes muestran que el 70% del BTS de la región se encuentra en algún proceso de regeneración (Schroeder 2006) debido a la perturbación del bosque por actividades humanas. Por otro lado, en estos bosques secundarios se llevó a cabo un estudio previo al paso del huracán sobre la respuesta de la herpetofauna a la sucesión secundaria, por lo que estos bosques son un modelo ideal para probar la respuesta positiva, negativa o neutra de la herpetofauna, en particular del ensamble de reptiles al impacto del huracán Jova sobre bosques secundarios con distinta edad de regeneración.

## **II. Hipótesis**

Debido a que los huracanes pueden favorecer a las comunidades animales por el incremento en la heterogeneidad de hábitats, por la caída de árboles y material en descomposición se espera que la composición y estructura del ensamble de reptiles en los bosques secundarios avanzados y los bosques maduros se vea positivamente afectado, mientras que en los bosques más jóvenes se espera que la composición y estructura del ensamble de reptiles se mantenga igual debido a que son los estadios sucesionales con mayor resistencia al paso de los huracanes.

### **III. OBJETIVOS**

#### 3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto que un evento catastrófico poco frecuente tiene sobre la estructura y composición del ensamble de reptiles en cinco diferentes categorías sucesionales en el BTS de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México.

#### 3.2. Objetivos Particulares

Evaluar la respuesta positiva, negativa o neutra de la riqueza, diversidad y abundancia del ensamble de reptiles de cada una de las categorías de sucesión secundaria del BTS con respecto al efecto del huracán Jova.

Evaluar el efecto sobre la composición del ensamble de reptiles en de cada una de las categorías de sucesión secundaria del BTS con respecto al efecto del huracán Jova.

Evaluar el índice de sensibilidad de las especies de reptiles al huracán Jova.

## IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 Localización

El área de estudio se localiza en la región de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala y zonas aledañas a los 19° 29' de latitud N a los 105° 03' de longitud O, a menos de 2 km. de la costa del Pacífico en el km. 59 de la carretera federal 200 Barra Navidad-Puerto Vallarta. La reserva tiene una superficie aproximada de 13,142 hectáreas (DOF 1994) (Fig.1).

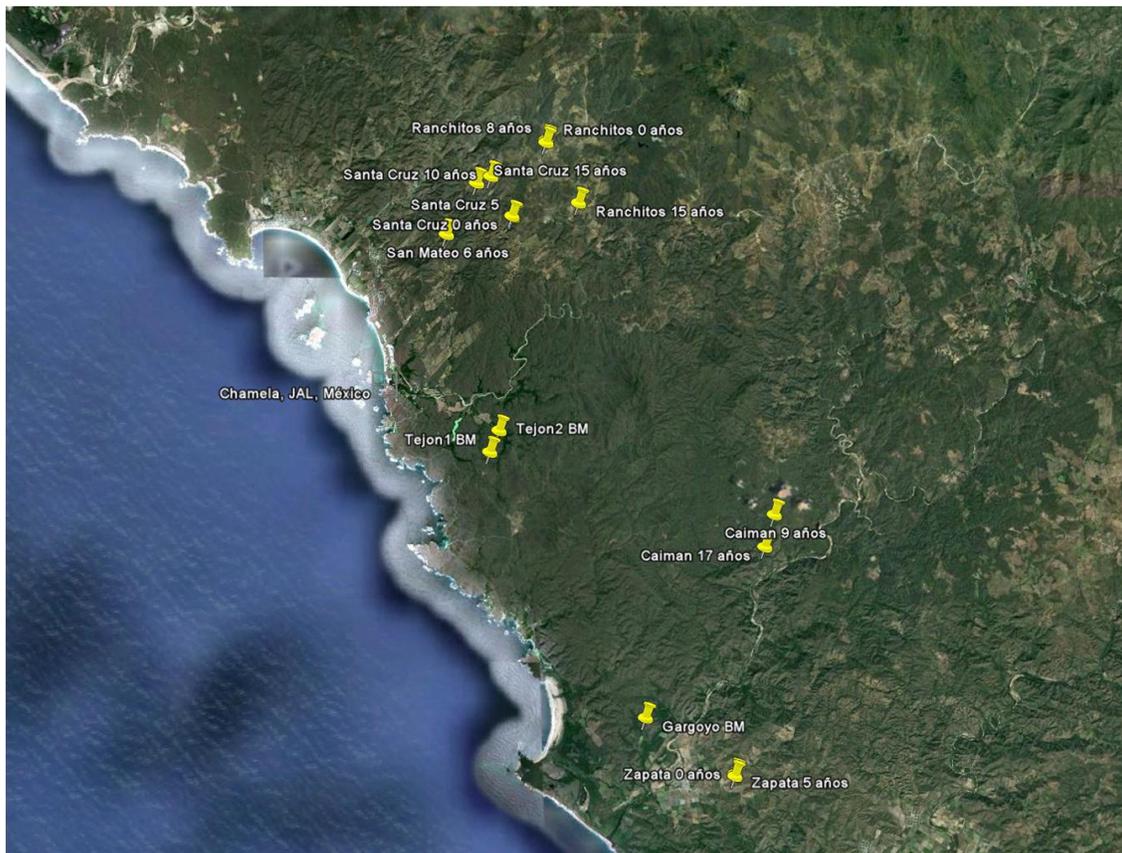


Fig.1. Localización del área de estudio. En etiquetas amarillas se muestra cada uno de los 15 sitios de muestreo ubicados en la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México.

## **4.2 Clima**

El clima de Chamela según Koppen modificado por García (1988) es cálido subhúmedo, con una marcada estacionalidad. Con un cociente de precipitación anual-temperatura media de 32 (P/T), con lluvias en verano, 5.6% de lluvia invernal y con un régimen isotermal. Arriba de la cota de 1000 m de altitud, los climas son semicálidos (A(C)w) con lluvias en verano, hasta llegar a climas templados en la parte alta de la sierra. Pueden reconocerse cuatro estaciones en la costa central del Pacífico Mexicano, la primera es una primavera seca, que abarca parte de marzo hasta mayo, caracterizada por tener los valores más altos de RI y RN, una gran oscilación térmica diaria y los valores mensuales más bajos de humedad atmosférica y precipitación. La segunda estación es el inicio de las lluvias que se da durante junio y julio, presentando valores altos de RN y la presencia de los primeros eventos de lluvias. La tercera estación es la época de lluvias propiamente dicha, que abarca desde agosto hasta octubre; en ella se dan las mayores temperaturas del aire, valores bajos de RI, la mayor humedad relativa atmosférica y la mayor cantidad de lluvias, asociadas principalmente al efecto de los ciclones tropicales. Por último, la temporada invernal, que incluye de noviembre hasta parte de marzo. Esta última temporada presenta los valores más bajos de RN, las temperaturas atmosféricas más bajas y las últimas lluvias de la temporada. (García-Oliva *et al.* 2002)

### **4.3 Hidrología**

Existen numerosos arroyos que llevan agua durante las temporadas de lluvia o durante los ciclones. Los ríos más importantes por su tamaño y caudal son el río de San Nicolás, el Marabasco, el Purificación, el Tomatlan, el Mascota y el Cuixmala. Estos ríos son de recorrido relativamente corto y se originan en las serranías adyacentes (Ceballos y Miranda 1994).

### **4.4 Geología**

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la unidad geológica llamada Bloque de Jalisco formando parte de la placa continental de Norteamérica. La costa de Jalisco es parte de un margen continental frente a la parte septentrional de la trinchera oceánica Acapulco-Centroamérica. Los límites de este bloque respecto al resto de México continental son fosas tectónicas (Estructuras de graben): en el norte la de Tepic-Zacoalco y en el SE de Colima, ambas asociadas con un volcanismo reciente (Schaaf 2002).

### **4.5 Edafología**

En la región de Chamela, Jalisco, existen numerosas unidades edafológicas que forman un complejo de suelos. Según la SPP (1981) los suelos son regosoles, cambisoles, litosoles y faeozems en función de su distribución en el paisaje (Cotler *et al.* 2002)

#### **4.6 Vegetación**

Se han registrado por lo menos 1,100 especies de plantas vasculares incluidas en 125 familias en la región de Chamela-Cuixmala. Las familias con mayor número de especies son Leguminosae con 160 especies (14%) y Euphorbiaceae con 94 especies (8.2%). Estas dos familias comprenden el 22.2% de toda la flora. Le siguen en importancia las familias Compositae (62 especies), Gramineae (57 especies), Convolvulaceae (40 especies), Malvaceae (39 especies), Solanaceae (29 especies), Rubiaceae (29 especies), Acanthaceae (2 especies), Bromeliaceae (26 especies), Cucurbitaceae (23 especies), Verbenaceae (23 especies) y Boraginaceae (22 especies) (García y Ceballos 1994, Lott y Atkinson 2002). Los principales tipos de vegetación presentes en el área son el bosque tropical seco (selva baja caducifolia), la selva mediana subperennifolia, la vegetación riparia, el manglar, matorral xerófilo, palmar, carrizal, la manzanillera, cultivos y los pastizales inducidos (García y Ceballos 1994).

Como parte de la vegetación característica del bosque tropical seco se han registrado los siguientes árboles: el iguanero (*Caesalpinia eriostachis*), el barcino (*Cordia elaeagnoides*), el bonete (*Carica mexicana*), el nopal (*Opuntia excelsa*), el papelillo (*Jatropha coriaria*), el ciruelo (*Spondias purpurea*) y el cuastecomante (*Crescentia alata*). En la selva mediana subperennifolia son característicos árboles como el mojote o capomo (*Brosimum alicastrum*), la primavera (*Tabebuia donell-smithii*), el cedro macho (*Sciadodendron excelsum*), la rosa morada (*Tabebuia rosea*), la higuera (*Ficus mexicana*) y el

culebro (*Astronium graveolens*). La vegetación riparia está compuesta por estratos de sauces (*Salix chilensis*), el palo de agua (*Astianthus viminalis*) y varias especies de higueras o amates (*Ficus* sp.). Especies acuáticas y semiacuáticas como el tule (*Typha latifolia*), el tulillo (*Eliocharis fistulosa*), el lirio acuático (*Eichornia crassipes*) y la ninfa (*Nynphaea ampla*) han sido registradas en el área de estudio. En la vegetación de manglar son característicos mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). El matorral xerófilo está representado por algunas especies importantes como el nopal (*Opuntia excelsa*), las acacias (*Acacia* sp.) y la uña de gato (*Mimosa* sp.). La especie dominante del palmar es el coquito (*Orbygnia cohune*) que ha sido en muchos sitios sustituida por la palma de cocos (*Cocos nucifera*). La vegetación que predomina en el carrizal es el carrizo (*Phragmites australis*). La especie dominante en La Manzanillera es la manzanilla (*Hippomane mancinella*). Existe un estrato cuyo componente principal es el árbol cola de choncho (*Cupania dentata*) (Rzedowski 1978, Ceballos y Miranda 1986, Ceballos *et al.* 1993).

#### **4.7 Fauna**

En la región habita una gran diversidad de fauna. Se han registrado 1,877 especies de artrópodos (Pescador-Rubio *et al.* 2002), 270 especies de aves, distribuidas en 189 géneros, 51 familias y 21 ordenes (Arizmendi *et al.* 1990), 82 especies de mamíferos (Ceballos y Miranda 1994), 19 especies de anfibios

de las cuales 1 es endémica de la región y 63 especies de reptiles con dos endemismos regionales (Ramírez-Bautista 1994).

#### **4.8 Actividades Humanas**

En algunos sitios a lo largo de la región existen áreas desmontadas con fines agrícolas y ganaderos. Las zonas desmontadas se utilizan para el cultivo de maíz, frutas como el mango, plátano, melón y sandía o para el establecimiento de cocotales (Rzedowski 1978, Ceballos y Miranda 1986, Ceballos *et al.* 1993, Cotler *et al.* 2002). El uso de suelo se caracteriza por una agricultura de temporal con labranza manual y por tracción animal, y por una agricultura de riego con labranza mecánica (Cotler *et al.* 2002).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Trabajo de campo**

Se realizaron 6 muestreos de campo tanto en época de secas como en época de lluvias. Se utilizaron parcelas permanentes delimitadas previamente en el proyecto “Manejo de Bosques Tropicales” (MABOTRO) muestreadas dos años anteriores al paso de Huracán Jova (2009-2011) con un esfuerzo de muestreo de 630 hrs/horas personas. Se utilizó una cronosecuencia de campos abandonados donde el tiempo es sustituido por el espacio. Cada tratamiento representó diferentes edades de abandono de parcelas ocupadas originalmente por bosque tropical seco maduro, lo que permitió hacer inferencias sobre el efecto del Huracán Jova sobre los procesos sucesionales a lo largo del tiempo. Para los muestreos se consideraron 15 parcelas permanentes (100 X 100 m cada una) con diferente edad de abandono después de ser modificado por actividades humanas y el Bosque Maduro (categorías sucesionales): 3 parcelas en campos recién abandonados de 0-0 años (pastizal), 3 parcelas en campos con 5-6 años de abandono (estadio temprano), 3 parcelas en bosque secundarios de 8-10 años (bosque inicial), 3 parcelas en bosque secundario de 15-17 años (bosque intermedio) y 3 en bosque maduro (BM).

Tanto en los muestreos previos como posteriores al huracán Jova la búsqueda de reptiles en cada una de las parcelas se hizo mediante la técnica de Encuentro por Inspección Visual (EIV). Este método consiste en la búsqueda intensiva de los organismos en la vegetación, suelo y posibles refugios. Los organismos colectados se identificaron a nivel de especie, se les tomaron medidas biométricas, pesados y fueron marcados para evitar la pseudoreplicación en el conteo de los individuos. El marcaje consistió en el corte de la punta de uno de los dedos (corte de falange) y en el caso de las serpientes el corte se realizó en una escama ventral. Cada parcela se muestreo una vez durante el día y otra vez en la noche durante 3

horas/personas respectivamente. El esfuerzo total de muestreo por parcela fue de 42 horas/persona, 126 horas/persona por estadio sucesional y se muestreó un total de 630 horas/persona pre huracán. Estos mismos esfuerzos de muestreo se llevaron a cabo post huracán con la finalidad de poder realizar análisis comparativos entre los datos obtenidos antes y después del paso del Huracán Jova en la Región.

## **5.2 Análisis estadísticos**

### 5.2.1. Análisis de Mantel

Se realizó un análisis de Mantel para determinar si existía una correlación entre la abundancia de especies con respecto a la distribución de los sitios de muestreo en la región; la prueba de Mantel mide la correlación entre dos matrices que contienen típicamente medidas de distancia, esta prueba es una manera de probar la autocorrelación espacial (Smouse *et al.* 1986)

### 5.2.2. Curvas de acumulación de especies y efectividad del muestreo

Se realizaron curvas de acumulación de especies para comparar la riqueza pre y post huracán en función del número de individuos muestreados por categoría sucesional para el ensamble de reptiles (lagartijas y serpientes) y para las lagartijas y serpientes por separado. Se les grafico además la desviación estándar de la riqueza observada por cada tratamiento pre y post huracán (Colwell *et al.* 2004). Para evaluar el nivel de efectividad de los muestreos antes y después del huracán en cada categoría sucesional, se calcularon los estimadores no paramétricos del número real de especies Chao2, ACE y Bootstrap, siguiendo los criterios de (Magurran 2004) y empleando el programa Estimates 7.0 (Colwell 2009).

### 5.2.3. Cambios en la diversidad y riqueza de especies

Utilizando los valores de abundancia y riqueza de especies por cada parcela se obtuvo la diversidad de Fisher con el paquete estadístico R 2.14.2. La diversidad de Fisher es utilizada debido a que aunque es poco utilizado es considerado un índice de diversidad más robusto.

Para evaluar cambios en la estructura del ensamble de reptiles entre el Pre huracán y el Post huracán en cada una de las categorías sucesionales, se obtuvieron los valores relativos de cada uno de los sitios de muestreo utilizando los valores de abundancia, riqueza y diversidad post huracán menos los valores pre huracán, esto dividido entre el valor pre huracán por cada sitio de muestreo. A los valores obtenidos de abundancia, riqueza y diversidad relativos de especies se le aplicó un análisis de varianza de una sola vía con el paquete estadístico R 2.14.2.

### 5.2.4. Patrones de cambio de especies de reptiles

Con la finalidad de observar los patrones de cambio de abundancia de especies por categoría sucesional antes vs después del huracán se elaboraron graficas de patrones de cambio por cada especie. Se realizó un análisis de  $X^2$  para cada especie utilizando los valores de abundancia de cada especie pre y post huracán. Primero se obtuvo el valor esperado, utilizando la fórmula:  $(\text{abundancia pre huracán} + \text{abundancia post huracán})/2$ . Se utilizó una hipótesis nula de igualdad de abundancias para cada especie pre y post huracán (utilizando la corrección de Yate cuando la frecuencia esperada fu menor a 5) con la fórmula:  $(\text{ABS} (\text{abundancia pre o post} - \text{abundancia esperada}) - 0.5)^2 / \text{abundancia esperada}$ . Se utilizó una tabla de contingencia de  $X^2$  con 1 gl.

### 5.2.5. Estructura del ensamble de reptiles

Con el fin de evaluar el efecto del Huracán sobre los cambios de la abundancia, equidad y composición de las comunidades a lo largo de la cronosecuencia, para cada categoría sucesional se elaboraron curvas de rango-abundancia siguiendo los criterios de Magurran (2004). Para ello se combinó la información de abundancia y riqueza de las tres parcelas de cada categoría sucesional con los datos por separado pre y post Huracán. Estas curvas facilitan la comparación de la estructura y composición entre comunidades así como la comparación entre los datos obtenidos pre y post huracán (Magurran 2004, Gotelli y Graves 1996).

Para evaluar estadísticamente los cambios en la abundancia y composición de especies se realizaron ANCOVAS con el programa estadístico R 2.14.2. para lo cual se creó una matriz de datos utilizando los valores de abundancia de especies por categoría sucesional, debido a la naturaleza de los datos (conteo) se normalizaron utilizando  $\ln$ , las ANCOVAS facilitan determinar si existen diferencias estadísticas entre la inclinación de las curvas.

### 5.2.6. Sensibilidad de especies

La sensibilidad de especies al huracán Jova se evaluó con un índice de sensibilidad (IS) (Modificado de Suazo *et al.* 2008). Utilizando la fórmula:  $SE = (TS_{PreH} - TS_{PostH}) / (TS_{PreH} + TS_{PostH})$ , donde  $TS_{PreH}$  es la tasa de captura pre huracán y  $TS_{PostH}$  es la tasa de captura post huracán, ambas tasas se refieren al total de individuos registrados en 630 hrs/persona de muestreo en todas las categorías sucesionales. El índice oscila entre -1 (sensibilidad baja) a 1 (sensibilidad alta). Las especies con valores de sensibilidad cercanos a cero son consideradas neutrales en su respuesta a la perturbación.

### 6.2.7. Escalamiento multidimensional

Para explorar los patrones de similitud en cuanto a la riqueza y abundancia de especies entre los diferentes sitios de muestreo de cada categoría sucesional pre y post huracán. Se empleó un análisis de escalamiento multidimensional utilizando el paquete estadístico R 2.14.2. Para lo cual se creó una matriz de datos utilizando los valores de abundancia de especies por cada sitio de muestreo antes y después del huracán (Schoener *et al.* 2003).

## VI. Resultados

Para cada condición pre-huracán y post-huracán se utilizó el mismo esfuerzo de muestreo (630 horas/persona) para poder realizar análisis comparativos. Con los datos obtenidos post-huracán se registraron un total de 1681 individuos de reptiles, 17 especies de lagartijas y 20 de serpientes.

En el caso de las lagartijas, se reportaron 13 de las 14 especies registradas pre-huracán a excepción de una (*Heloderma horridum*) y se registraron 4 nuevas (*Aspidoscelis deppei*, *Scincella assata*, *Mabuya unimarginata* y *Gerrhonotus liocephalus*) (Tabla 1); para las especies de serpientes se reportaron 17 de las 22 especies registradas en el estudio pre-huracán a excepción de *Crotalus basiliscus*, *Eunulius flavitorques*, *Micrurus distans*, *Tantilla calamarina* y *Agkistrodon bilineatus*, y se reportaron 3 especies nuevas (*Manolepis putnami*, *Pseudofisimia frontalis* y *Leptotyphlops humilis*) (Tabla 2). La única especie de tortuga reportada en el estudio Pre-huracán, *Rhinoclemmys pulcherrima*, no se encontró en el estudio post-huracán.

Tabla 1. Tabla 1. Especies de lagartijas registradas Pre y Post huracán. En el pre-huracán se incluyen los datos totales de los 7 periodos de muestreo y en el Post huracán se desglosan por cada periodo de muestreo.

Lagartijas	Pre-Huracán		Post-Huracán				
	Siete periodos de muestreo	Periodo de muestreo 1	Periodo de muestreo 2	Periodo de muestreo 3	Periodo de muestreo 4	Periodo de muestreo 5	Periodo de muestreo 6
<i>Holcosus undulatus</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Aspidoscelis communis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aspidoscelis lineattissima</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Plestiodon parvulus</i>	X						X
<i>Sceloporus utiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Heloderma horridum</i>	X						
<i>Anolis nebulosus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coleonix elegans</i>	X	X	X			X	X
<i>Phyllodactylus lanei</i>	X	X	X	X			X
<i>Sceloporus horridus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ctenosaura pectinata</i>	X	X	X				X
<i>Iguana iguana</i>	X	X					
<i>Aspidoscelis deppei</i>				X	X	X	X
<i>Scincella assata</i>					X	X	
<i>Mabuya unimarginata</i>						X	
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>						X	

### Prueba de Mantel

Los resultados obtenidos en la prueba de Mantel tomando en cuenta los valores de abundancia total de reptiles por cada sitio de muestreo, reflejaron que no existe una relación entre la distancia de los sitios de muestreo y la abundancia de especies tanto antes del paso del huracán ( $P= 0.2234$  y  $r= 0.0665$ ) como después del paso del huracán ( $P= 0.8215$  y  $r= -0.1079$ ).

Tabla 2. Especies de serpientes registradas Pre y Post huracán. En el pre-huracán se incluyen los datos totales de los 7 periodos de muestreo y en el Post huracán se desglosan por cada periodo de muestreo.

Serpientes	Pre-Huracán		Post-Huracán				
	Siete periodos de muestreo	Periodo de muestreo 1	Periodo de muestreo 2	Periodo de muestreo 3	Periodo de muestreo 4	Periodo de muestreo 5	Periodo de muestreo 6
<i>Crotalus basiliscus</i>	X						
<i>Drymarchon melanurus</i>	X		X				X
<i>Eunulius flavitorques</i>	X						
<i>Hypsiglena torquata</i>	X		X				
<i>Lampropeltis triangulum</i>	X					X	
<i>Leptodeira maculata</i>	X	X	X	X		X	X
<i>Loxocemus bicolor</i>	X		X				
<i>Masticophis mentovarius</i>	X						X
<i>Pseudoleptodeira uribei</i>	X		X			X	
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	X	X					
<i>Micrurus distans</i>	X						
<i>Boa constrictor</i>	X	X	X				
<i>Leptophis diplotropis</i>	X		X				X
<i>Salvadora mexicana</i>	X		X			X	X
<i>Tropidodipsas philippii</i>	X		X			X	
<i>Symphimus leucostomus</i>	X		X				X
<i>Tantilla bocourti</i>	X	X					
<i>Tantilla calamarina</i>	X						
<i>Imantodes gemmistratus</i>	X		X			X	
<i>Oxybelis aeneus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dipsas gaigae</i>	X		X				
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	X						
<i>Leptotyphlops humilis</i>							X
<i>Pseudoficimia frontalis</i>		X					X
<i>Manolepis putnami</i>		X				X	X

## Representatividad del muestreo

Las curvas de acumulación de especies incluyendo lagartijas y serpeintes mostraron que no hay diferencias en la frecuencia acumulada de especies pre vs post huracán en todas las categorías sucesionales a excepción de la categoría 8a10 en la cual, con el paso del huracán el número de individuos aumento aunque disminuyó el número de especies (Fig. 1). Las especies de lagartijas tampoco presentaron diferencias pre vs post huracán en las categorías sucesionales, sin embargo se observa una tendencia al incremento en el número de individuos post huracán a excepción del BM en el cual la

abundancia de lagartijas post huracán fue casi la misma que la pre huracán. En las 0a0, 5a6 y BM la riqueza de especies aumentó con el paso del huracán, por el contrario en las categorías 8a10 y 15a17 disminuyó (Fig. 2). En las curvas de acumulación para las especies de serpientes no hay diferencias pre vs post huracán, sin embargo en la mayoría de ellas se observa una disminución en el número de individuos con el paso del huracán, a excepción de la categoría 5a6 en la cual aumentó y la categoría 8a10 en la cual el número de individuos no cambio, la riqueza de especies disminuyó en todas las categorías sucesionales (Fig. 3). La representatividad del muestreo por categoría sucesional en reptiles (incluyendo lagartijas y serpientes) cambió con el paso del huracán, de manera general aumentó la representatividad en todas las categorías a excepción de 0a0 y 5a6 en las cuales no se modificó (Tabla 3)

Tabla 3. Representatividad de muestreo de especies de reptiles pre y post huracán de acuerdo a los estimadores ACE, Chao 1 y Chao2. Los valores corresponden al conjunto de 3 sitios por categoría sucesional. E 0-0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a10= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 15a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono y BM= bosque maduro.

Tiempo	0a0	5a6	8a10	15a17	BM	Paisaje
Pre	66-77 %	70-80 %	57-70 %	48-60 %	74-82 %	92-97 %
Post	69-76 %	68-73 %	85-93 %	54-78 %	76-94 %	75-91 %

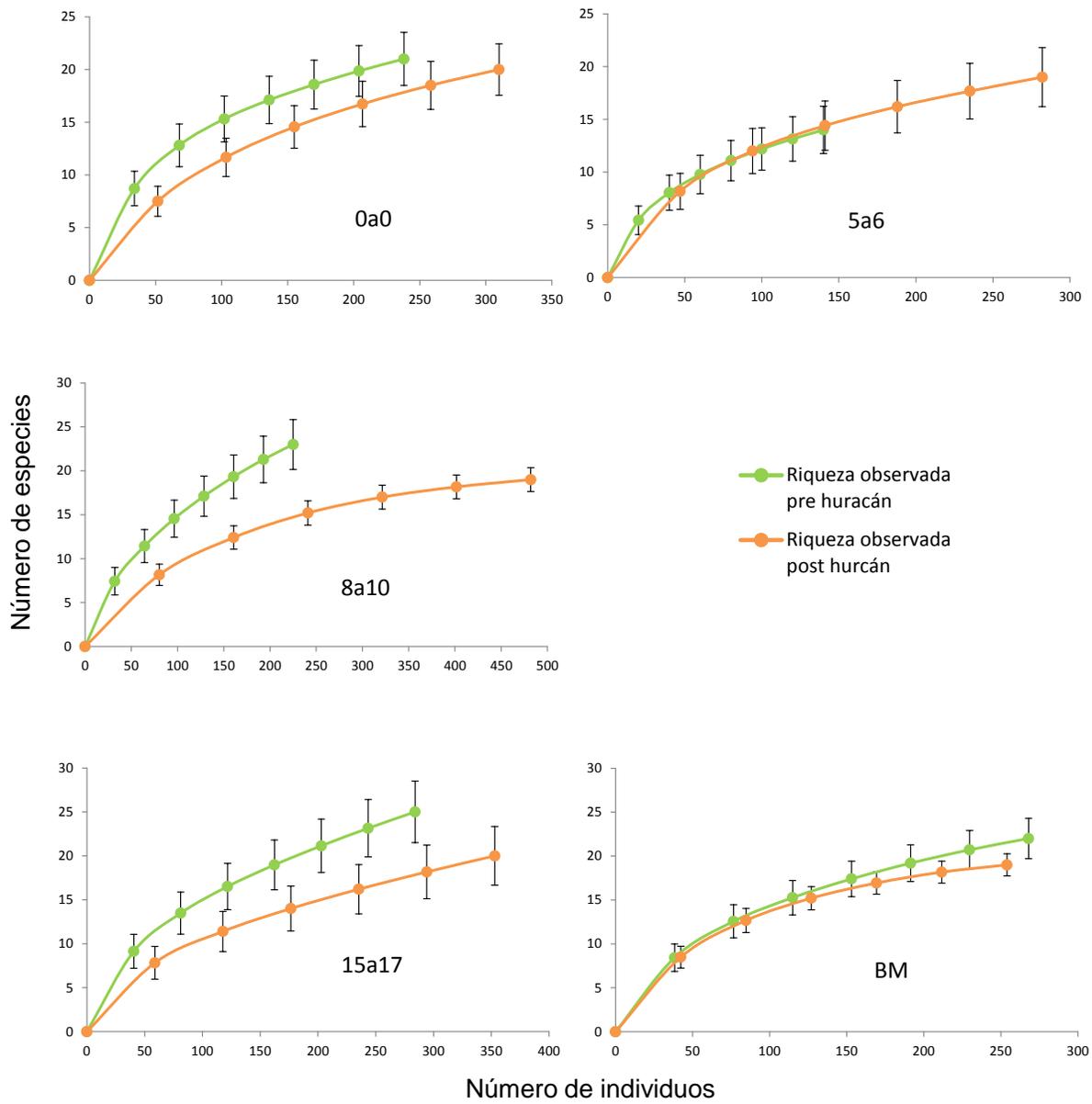


Fig. 1. Riqueza acumulada de especies de reptiles de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a10= estadio sucesional de ocho a diez años de edad de abandono, 15a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

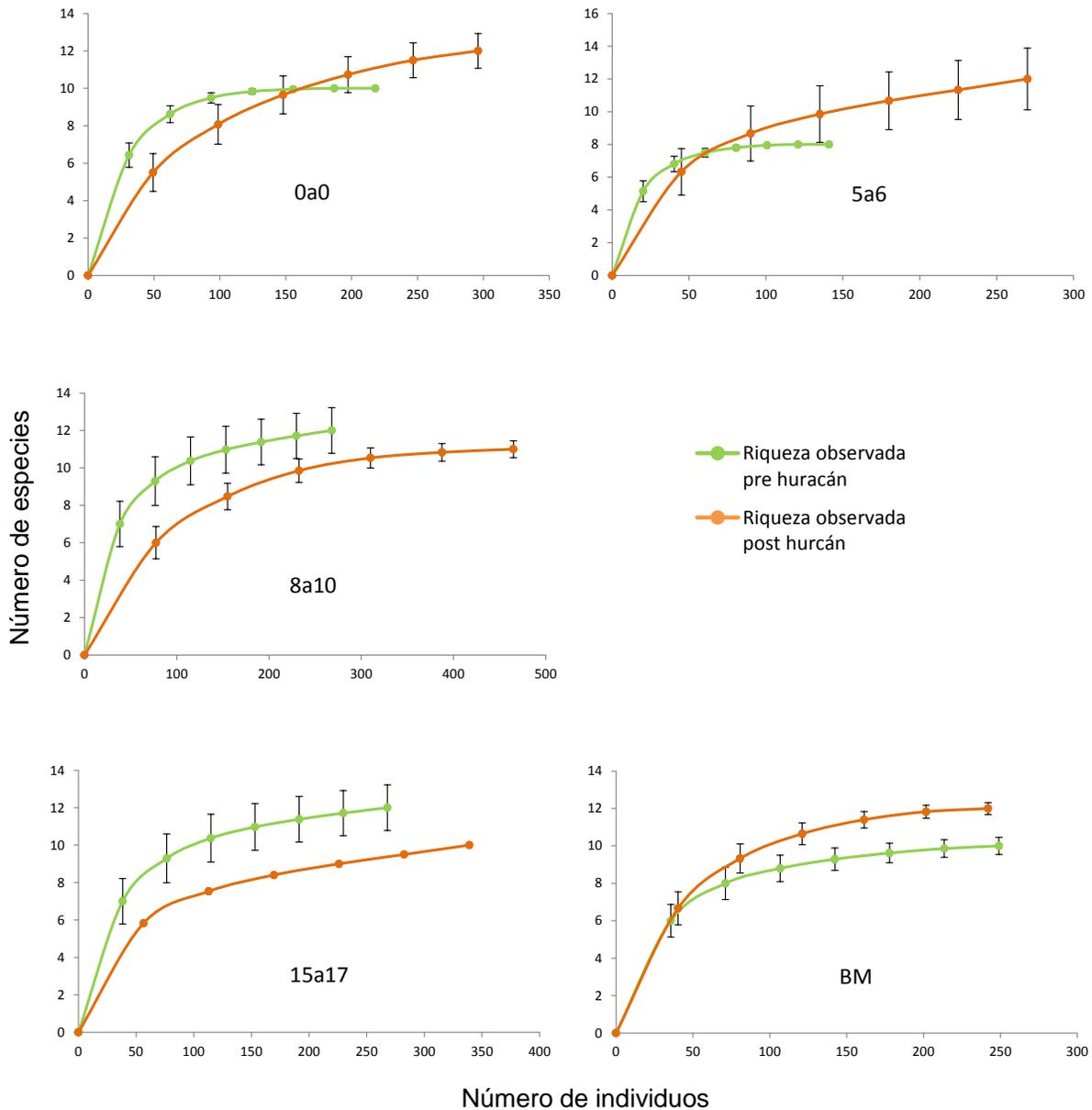


Fig. 2. Riqueza acumulada de especies de lagartijas de la región de Chamela- Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a10= estadio sucesional de ocho a diez años de edad de abandono, 15a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

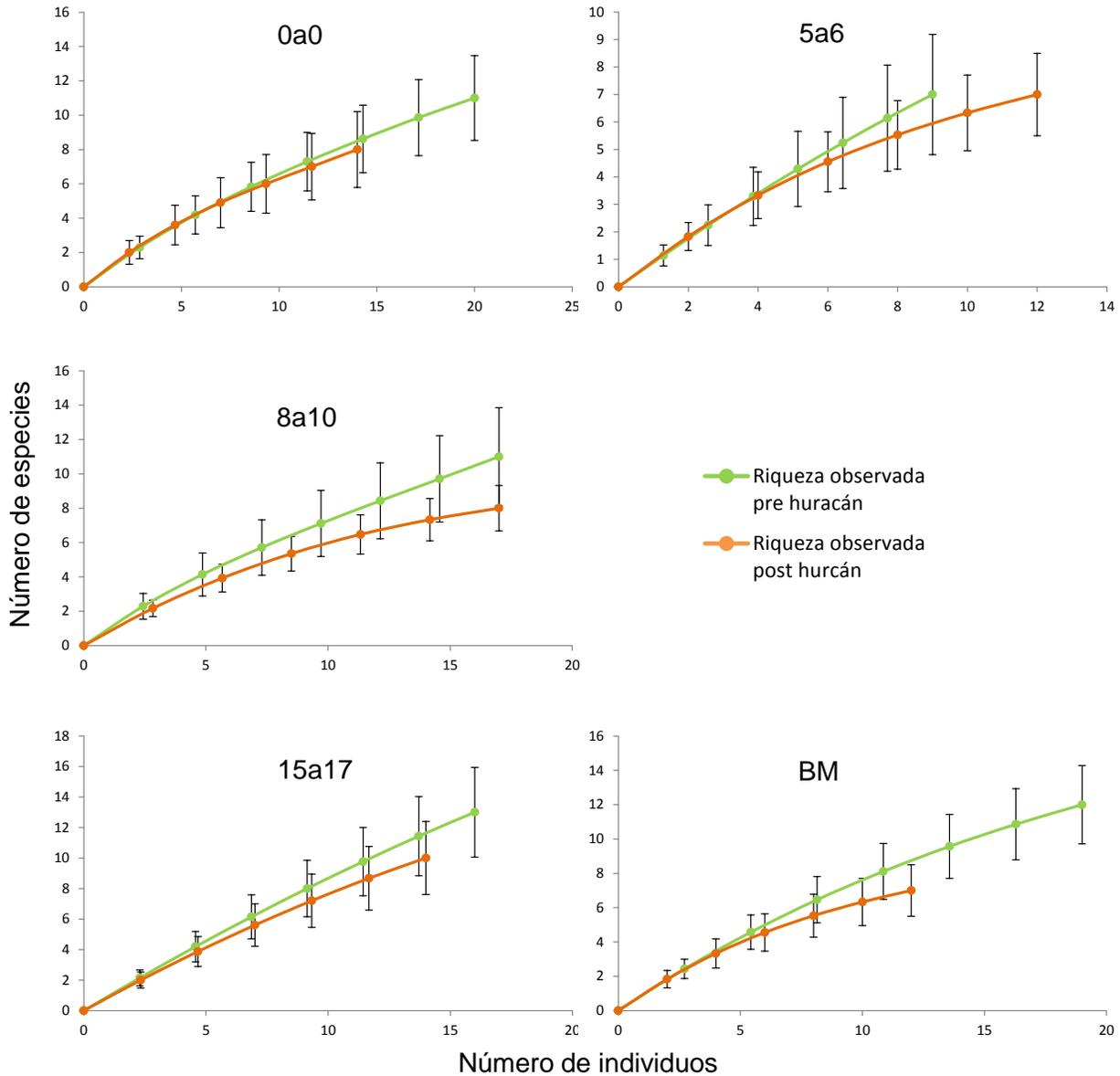


Fig. 3. Riqueza acumulada de especies de serpientes de la región de Chamela- Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a10= estadio sucesional de ocho a diez años de edad de abandono, 15a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

### **Abundancia, riqueza y diversidad de reptiles pre y post huracán**

Los análisis de varianza por ensamble de reptiles en general (lagartijas y serpientes) mostraron que no existen diferencias significativas entre las abundancias relativas de las 15 sitios de muestreo pre vs post huracán ( $P=0.4232$ ), sin embargo tanto la riqueza como la diversidad presentaron diferencias estadísticas marginales  $P=0.0500$  y  $P=0.0594$  respectivamente (Fig. 4). Al analizar por separado las lagartijas y serpientes, para el caso de las especies de lagartijas, no se encontraron diferencias estadísticas en los valores de abundancia ( $P=0.4285$ ), ni en la diversidad ( $P=0.3729$ ) pero en la riqueza la diferencia fue marginal ( $P=0.0591$ ) (Fig. 5). Tampoco se encontraron diferencias significativas en los valores de abundancia ( $P=0.0602$ ), riqueza ( $P=0.2169$ ) y diversidad de especies de serpientes ( $P=0.6302$ ) (Fig. 6).

Al evaluar la abundancia de las especies con Chi cuadrada solo 5 especies presentaron diferencias significativas en cuanto a sus abundancias pre vs post huracán. La lagartijas *Anolis nebulosus*, *Aspidoscelis deppei*, *Sceloporus utiformis* y *Urosaurus bicarinatus* incrementaron su abundancia después del paso del huracán, mientras que la serpiente de cascabel *Crotalus basiliscus* y la lagartija *Holcosus undulatus* disminuyeron su abundancia.

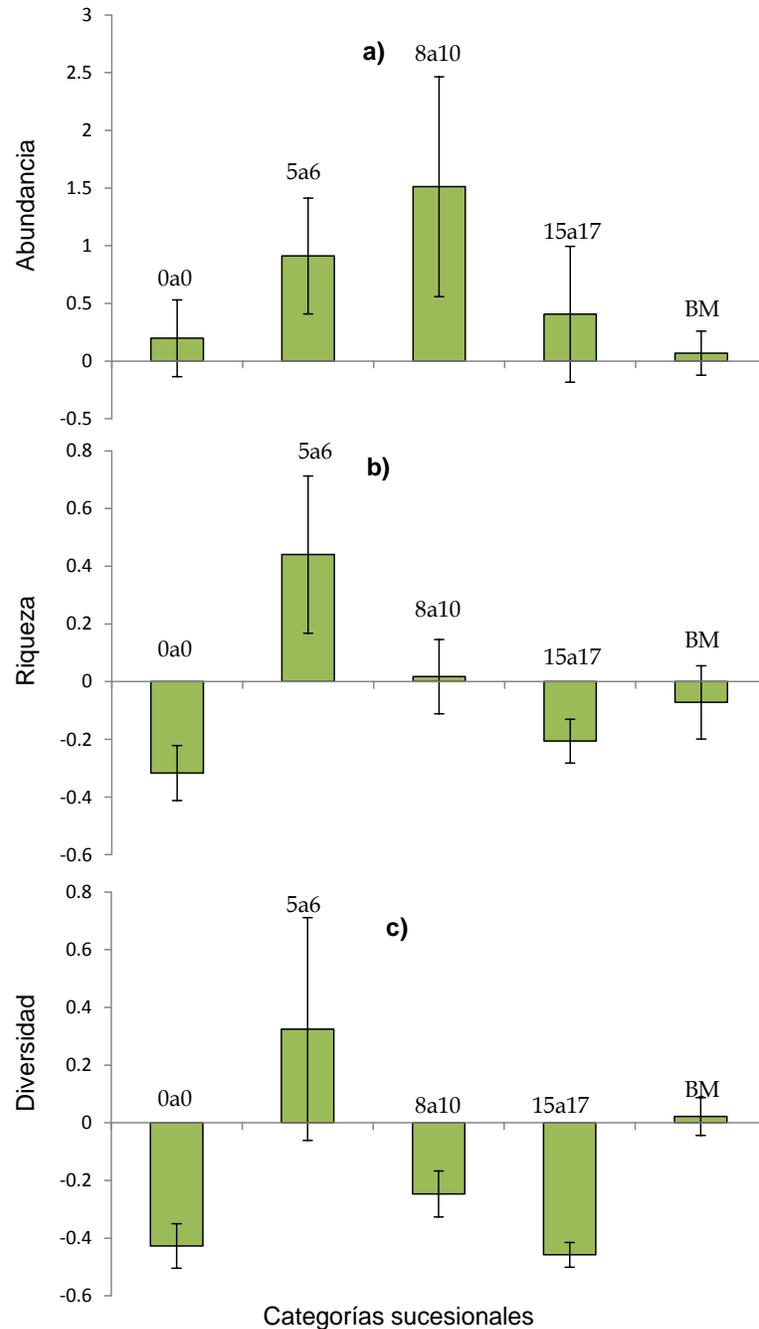


Fig. 4. Valores relativos (post huracán - pre huracán /pre huracán a) Abundancia, b) riqueza y c) diversidad de especies de reptiles de Chamela-Cuixmala, Jalisco en diferentes estadios sucesionales. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 5a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro. Los valores negativos indican disminución en los valores de abundancia, riqueza y diversidad tras el paso del huracán, mientras que los valores positivos indican un incremento en estos valores.

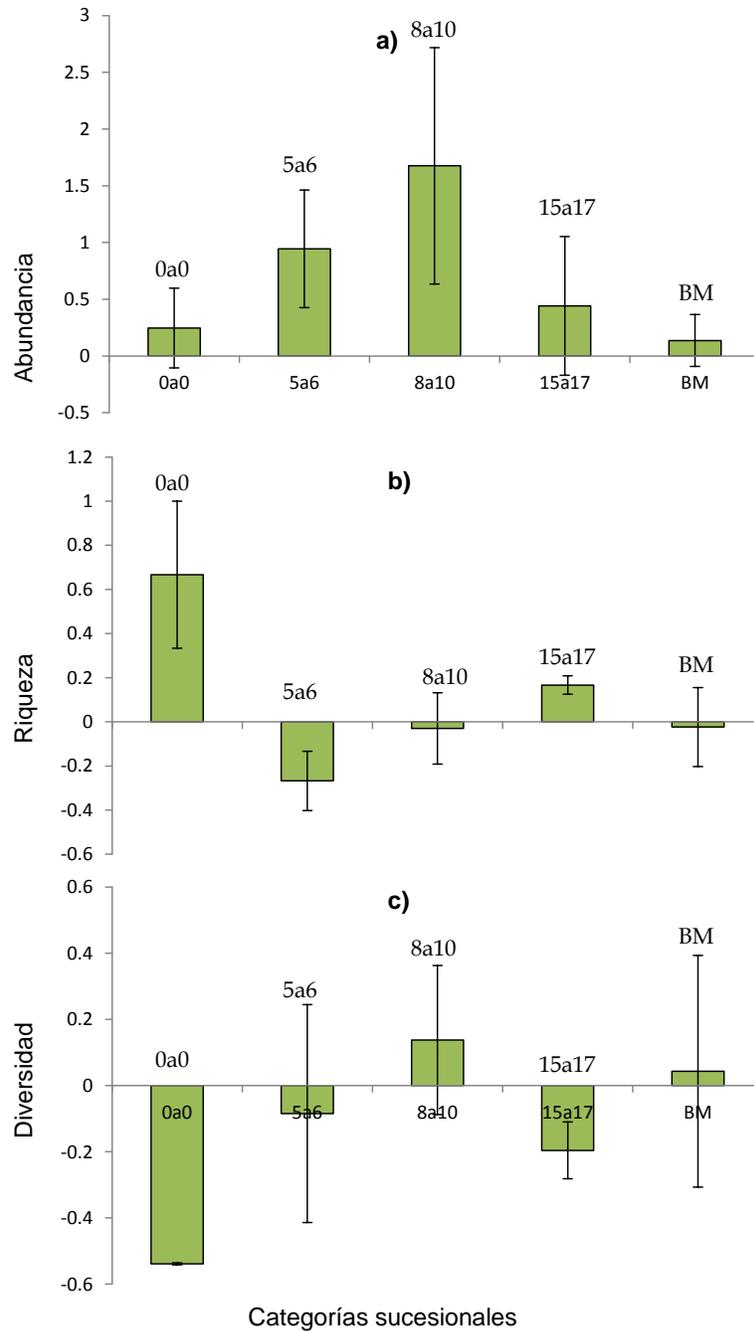


Fig. 5. Valores relativos (post huracán - pre huracán /pre huracán a) Abundancia, b) riqueza y c) diversidad de especies de lagartijas de Chamela-Cuixmala, Jalisco en diferentes estadios sucesionales. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 5a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro. Los valores negativos indican disminución en los valores de abundancia, riqueza y diversidad tras el paso del huracán, mientras que los valores positivos indican un incremento en estos valores.

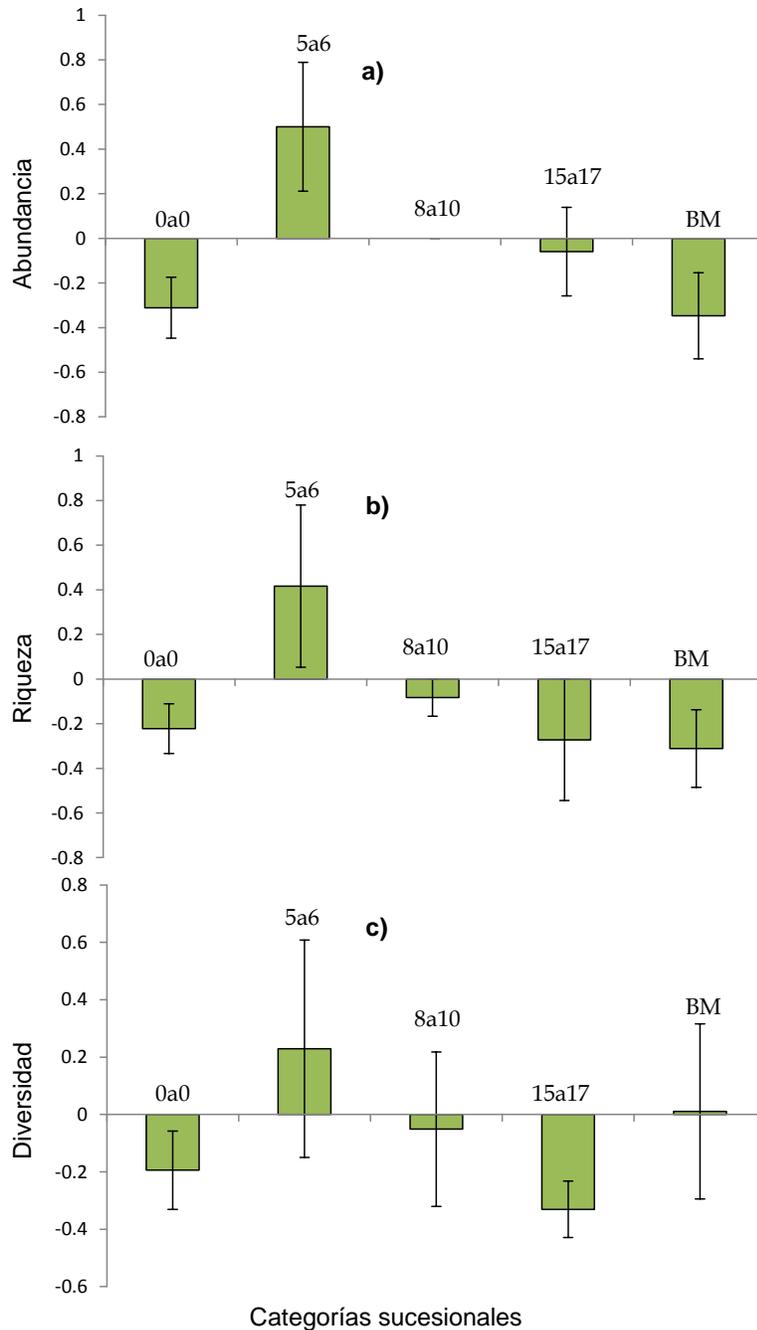


Fig. 6. Valores relativos (post huracán - pre huracán /pre huracán a) Abundancia, b) riqueza y c) diversidad de especies de serpientes de Chamela-Cuixmala, Jalisco en diferentes estadios sucesionales. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 5a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro. Los valores negativos indican disminución en los valores de abundancia, riqueza y diversidad tras el paso del huracán, mientras que los valores positivos indican un incremento en estos valores.

### **Estructura del ensamble de reptiles pre y post huracán.**

En cuanto a la composición del ensamble de lagartijas analizada con las curvas de rango abundancia pre y post huracán mostraron que en el caso de la categoría 0a0 las tres especies dominantes pasaron de ser *Anolis nebulosus*, *Urosaurus bicarinatus* y *Sceloporus utiformis*, a *Anolis nebulosus*, *Sceloporus utiformis* y *Urosaurus bicarinatus*; en el caso de la categoría 5a6 las especies dominantes cambiaron de ser *Anolis nebulosus*, *Sceloporus utiformis* y *Aspidoscelis communis* a *Anolis nebulosus*, *Sceloporus utiformis* y *Aspidoscelis lineattissima*, para la categoría 8a10 las especies cambiaron de *Sceloporus utiformis*, *Anolis nebulosus* y *Aspidoscelis lineattissima* a *Sceloporus utiformis*, *Anolis nebulosus* y *Aspidoscelis communis*, en el caso de la categoría 15a17 las especies dominantes siguieron siendo las mismas y finalmente para el BM las especies dominantes cambiaron de ser *Aspidoscelis lineattissima*, *Sceloporus utiformis* y *Anolis nebulosus* a *Anolis nebulosus*, *Aspidoscelis lineattissima* y *Sceloporus utiformis*. En general, 4 especies fueron las más abundantes en todos los estadios sucesionales y el BM, pre y post huracán, *Anolis nebulosus*, *Sceloporus utiformis*, *Aspidoscelis lineattissima* y *A. communis*; para el estadio 0a0 pre huracán la especie de *Urosaurus bicarinatus* fue la segunda especie más abundante al igual que en los estadios 0a0 y 5a6 post huracán (Fig. 7).

Para las serpientes en la categoría 0a0 las especies dominantes antes del paso del huracán eran *Hypsiglena torquata*, *Leptodeira maculata* y *Salvadora mexicana* y cambiaron a ser *Leptodeira maculata*, *Oxybelis aeneus* y *Lampropeltis triangulum*; para la categoría 5a6 la dominancia de especies cambio de *Leptophis diplotropis*, *Loxocemus bicolor* y *Masticophis mentavarius* a *Oxybelis aeneus*, *Leptophis diplotropis* y *Symphimus leucostomus*; para la categoría 8a10 las especies cambiaron de *Oxybelis aeneus*, *Crotalus basiliscus* y *Leptodeira maculata* a *Oxybelis aeneus*, *Leptodeira maculata* e *Imantodes gemmistratus*, en el caso de la categoría 15 a 17 las especies dominantes antes del paso del huracán eran *Crotalus basiliscus*, *Oxybelis*

*aeneus* y *Leptodeira uribei* y cambiaron a *Boa constrictor*, *Imantodes gemmistratus* y *Oxybelis aeneus* y por último en el BM las especies dominantes antes del paso de huracán eran *Enulius flavitorques*, *Oxybelis aeneus* y *Imantodes gemmistratus*, siendo *Oxybelis aeneus*, *Leptodeira maculata* y *Manolepis putnami* las especies dominantes en el BM tras el paso de huracán. La especie de *Oxybelis aeneus* fue la única especie presente en todas las categorías sucesionales y el BM tras el paso del huracán, antes del paso del huracán esta misma especie solo fue dominante en 3 de las 5 categorías (Fig. 8).

Al analizar el ensamble de reptiles general con el análisis de ANCOVA por cada categoría antes vs después solo la categoría 5a6 presento diferencias significativas en cuanto a la composición de especies 0a0 (P= 0.7077), 5a6 (P= 0.0229), 8a10 (P= 0.4813), 15a17 (P= 0.8404) y BM (P=0.1164); para las especies de lagartijas no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la composición de especies en las categorías sucesionales 0a0 (P= 0.1164), 5a6 (P= 0.9600) y 8a10 (P= 0.1555), pero si para las categoría 15a17 (P= 0.0017) y marginal para el BM (P= 0.0557). Para el ensamble de serpientes ninguna categoría sucesional presento diferencias significativas en cuanto a la composición de especies 0a0 (P= 0.4299), 5a6 (P= 0.0569), 8a10 (P= 0.0842), 15a17 (P= 0.1316), a excepción del BM (P=0.0438).

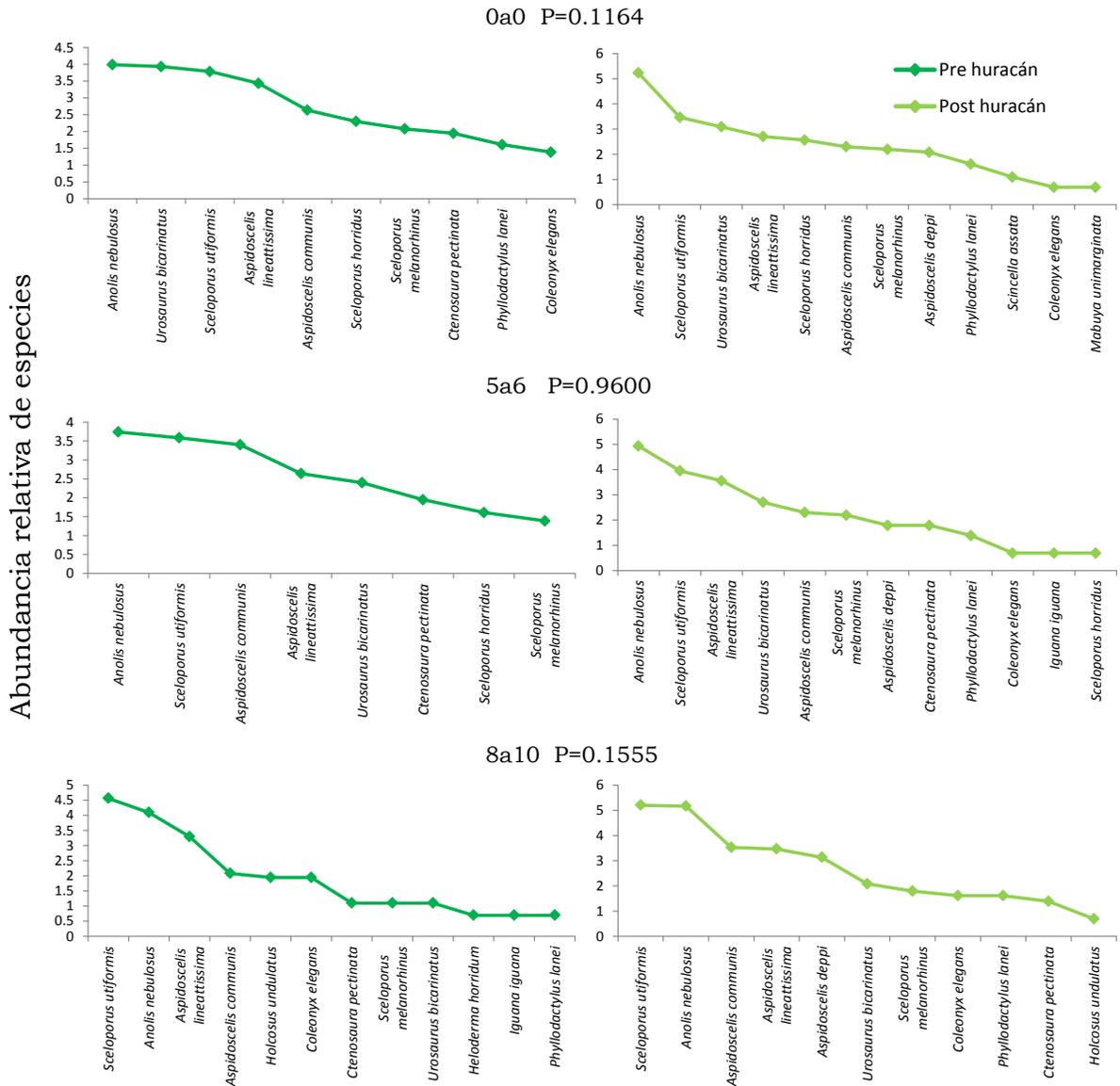


Fig. 7. Curvas de rango abundancia de especies de lagartijas Pre y Post huracán. E 0-0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, E 5-6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, E 8-10= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono. El análisis de ANCOVA muestra que no hay diferencias significativas entre las pendientes de las curvas.

.... Continuación Fig. 7



Fig. 7. Curvas de rango abundancia de especies de lagartijas Pre y Post huracán. E 15-17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono y BM= bosque maduro. El análisis de ANCOVA muestra que hay diferencias significativas entre las pendientes de las curvas del estadio 15 a 17 y diferencia marginal entre las pendientes del bosque maduro.

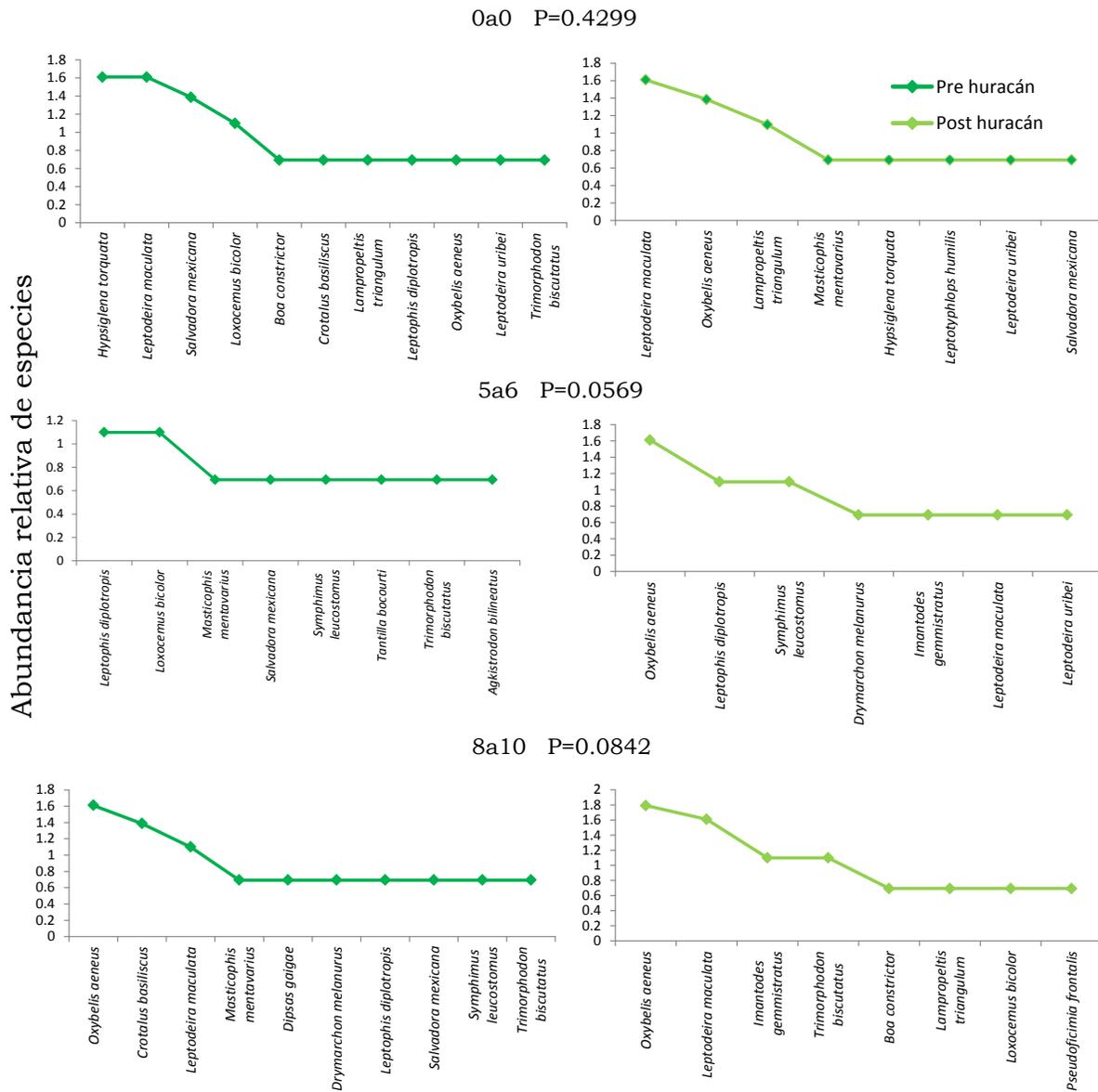


Fig. 8. Curvas de rango abundancia de especies de serpientes Pre y Post huracán. E 15-17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono y BM= bosque maduro. El análisis de ANCOVA muestra que hay diferencia significativa marginal entre las pendientes de las curvas del estadio 5 a 6.

... continuación Fig. 8

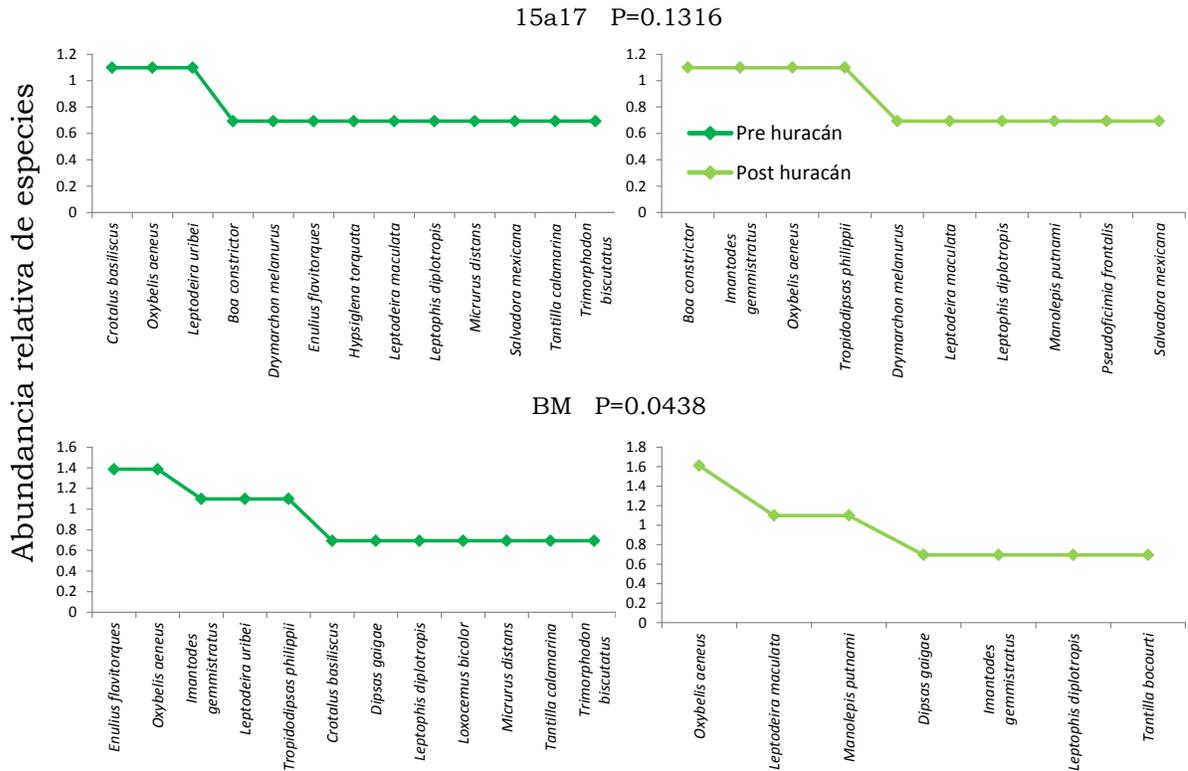


Fig. 8. Curvas de rango abundancia de especies de serpientes Pre y Post huracán. E 15-17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono y BM= bosque maduro. El análisis de ANCOVA muestra que hay diferencia significativa entre las pendientes de las curvas del Bosque Maduro.

### Patrones de abundancia de las especies de lagartijas y serpientes

Las especies de lagartijas mostraron diferentes patrones de abundancia comparando pre vs post huracán en cada categoría sucesional, sin embargo tras el paso del huracán algunas especies mantuvieron el mismo patrón de abundancia pre huracán, como es el caso de las especies, *Coleonyx elegans*, *Phyllodactylus lanei*, *Plestiodon parvulus*, *Sceloporus horridus*, *S. melanorhinus*, *S. utiformis* y *Urosaurus bicarinatus*. Algunas especies como

*Aspidoscelis communis* y *Ctenosaura pectinata*, cambiaron totalmente sus patrones de abundancia, *A. communis* presentó sus valores picos de abundancia en las categorías 5a6, 8a10 y 15a17 y el valor más bajo en la categoría 8a10, pero con el paso del huracán las abundancias se invirtieron. La especie de *C. pectinata* presentaba picos de abundancia en las categorías 0a0, 5a6 y 15a17 pre huracán, con el paso del huracán las categorías con mayor abundancia fueron inversas ya que la categoría 0a0 y 15a17 fueron las que presentaron los valores más bajos de abundancia (Fig. 9). En el caso de las serpientes, especies como *Leptodeira maculata*, *Leptophis diplotrophis* y *Salvadora mexicana* siguieron con la misma tendencia en sus abundancias pre y post huracán. Algunas especies invirtieron totalmente sus patrones de abundancia con el paso del huracán como *Dipsas gaigae*, *Imantodes gemmistratus*, *Loxocemus bicolor*, *Masticophis mentovarius*, *Leptodeira uribei* y *Tantilla bocourti*. *L. bicolor* pre huracán presentaba picos de abundancia en 0a0 y 5a6 y post huracán en 8a10, *M. mentovarius*, pre huracán en 5a6 y 8a10 y post huracán en 0a0, *T. bocourti* pre huracán en 5a6, con el paso del huracán en BM, *L. uribei* antes del huracán en 15a17 y BM y post huracán en 0a0 y 5a6; especies como *Imantodes gemmistratus* y *Trimorphodon biscutatus* no solo invirtieron sus abundancias sino que el cambio fue drástico, *I. gemmistratus* pre huracán presentaba picos de abundancia solo en el BM, post huracán está presente en todas las categorías a excepción de 0a0 y *T. biscutatus* antes del paso del huracán solo se encontraba en 8a10 y con el paso del huracán se encuentra en todas las categorías, además de que es la única especie post huracán que tiene la misma abundancia en todas las categorías (Fig. 10).

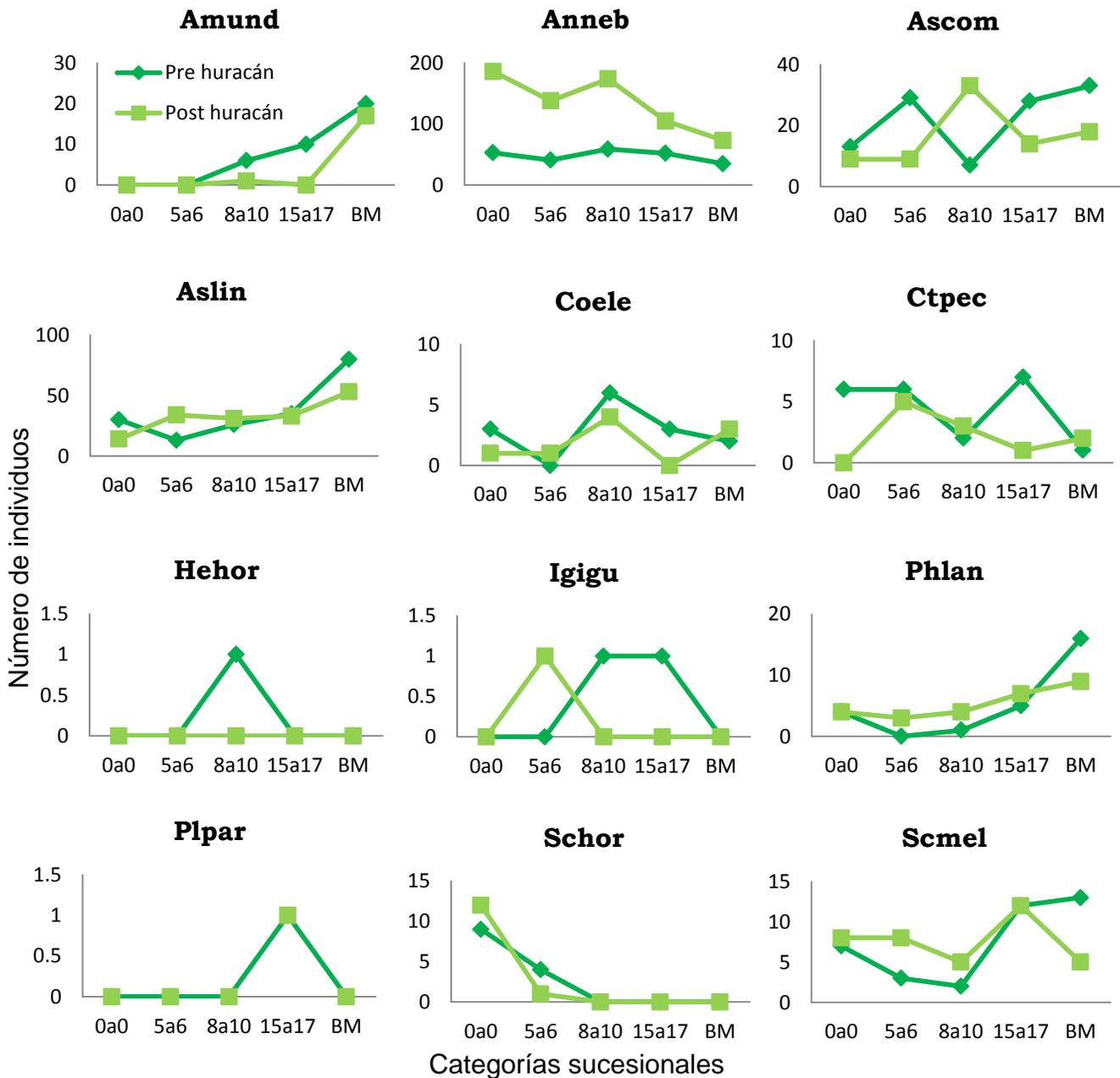


Fig. 9. Patrones de abundancia de las 18 especies de lagartijas registradas pre y post huracán, a lo largo de las categorías sucesionales del bosque tropical seco de Chamela, Jalisco. Amund= *Ameiva undulata*, Anneb= *Anolis nebulosus*, Ascom= *Aspidoscelis communis*, Aslin= *Aspidoscelis lineattissima*, Coele= *Coleonyx elegans*, Ctpec= *Ctenosaura pectinata*, Hehor= *Heloderma horridum*, Igigu= *Iguana iguana*, Phlan= *Phyllodactylus lanei*, Plpar= *Plestiodon parvulus*, Schor= *Sceloporus horridus*, Scmel= *Sceloporus melanorhinus*.

...continuación Fig. 9

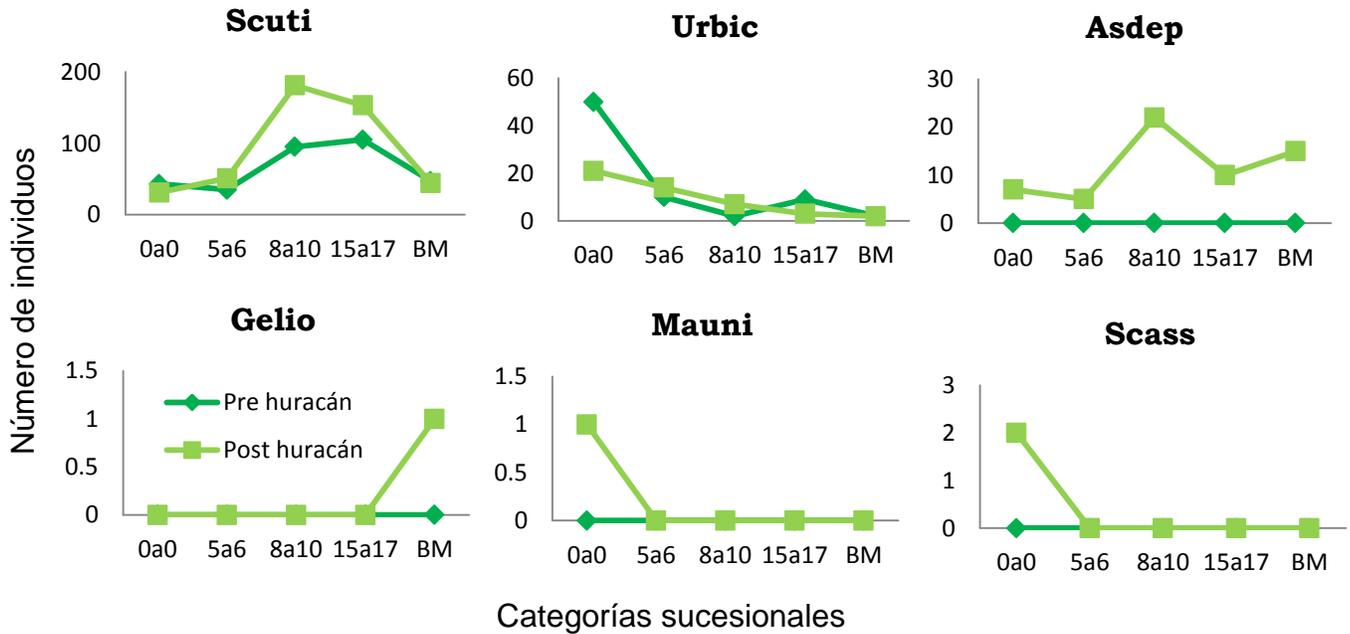


Fig. 9. Patrones de abundancia de especies de lagartijas registradas pre y post huracán, a lo largo de las categorías sucesionales del bosque tropical seco de Chamela, Jalisco. Scuti= *Sceloporus utiformis*, Urbic= *Urosaurus bicarinatus*, Asdep= *Aspidoscelis deppi*, Gelio= *Gerrhonotus liocephalus*, Mauni= *Mabuya unimarginata* y Scass= *Scincella assata*.

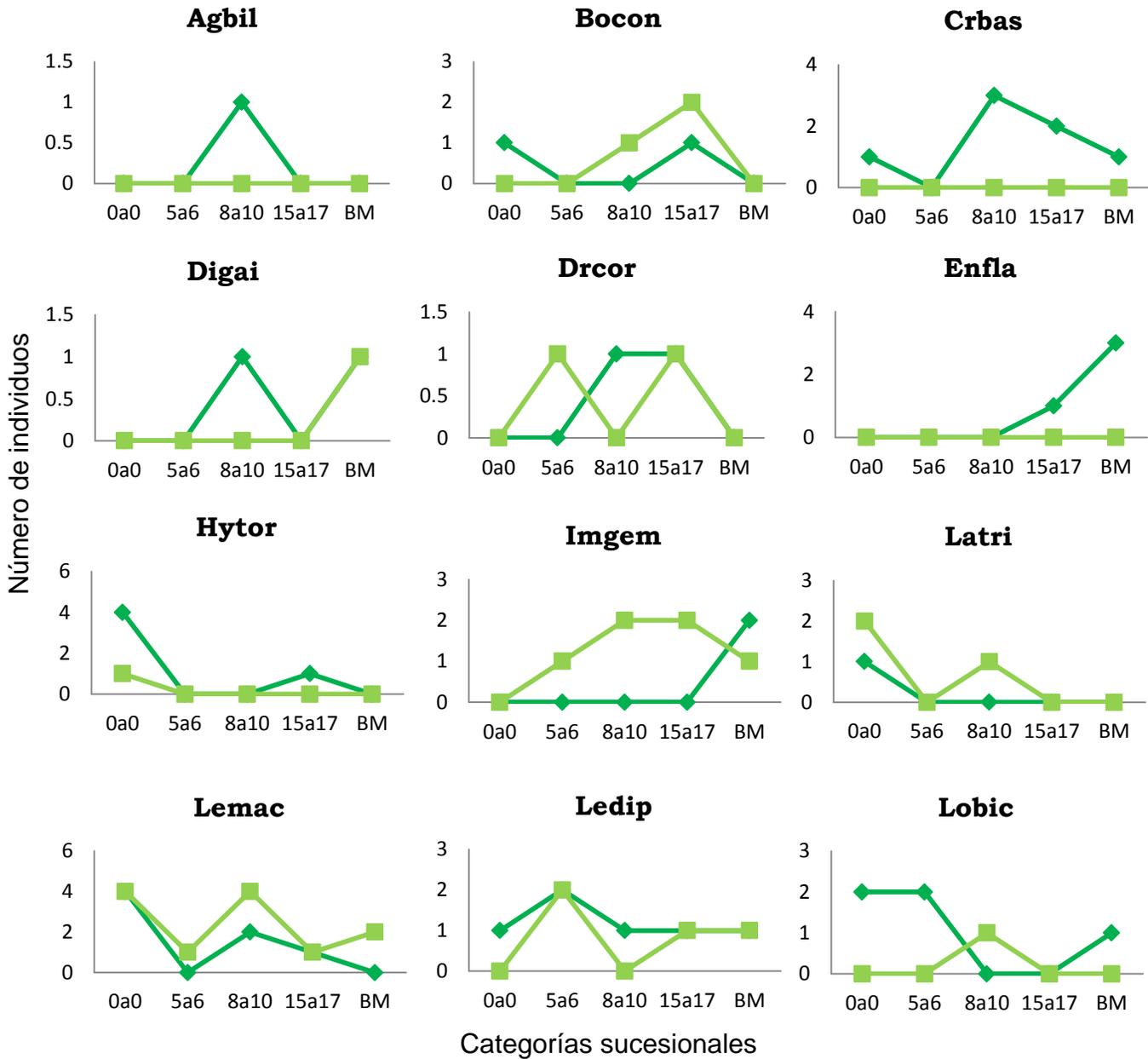


Fig. 10. Patrones de abundancia de las 25 especies de serpientes registradas pre y post huracán, a lo largo de las categorías sucesionales del bosque tropical seco de Chamela, Jalisco. Agbil= *Agkistrodon bilineatus*, Bocon= *Boa constrictor*, Crbas= *Crotalus basiliscus*, Digai= *Dipsas gaigae*, Drcor= *Drymarchon corais*, Enfla= *Enulius flavitorques*, Hytor= *Hypsiglena torquata*, Imgem= *Imantodes gemmistratus*, Latri= *Lampropeltis triangulum*, Lemac= *Leptodeira maculata*, Ledip= *Leptophis diplotropis*, Lobic= *Loxocemus bicolor*.

Continuación Fig. 10....

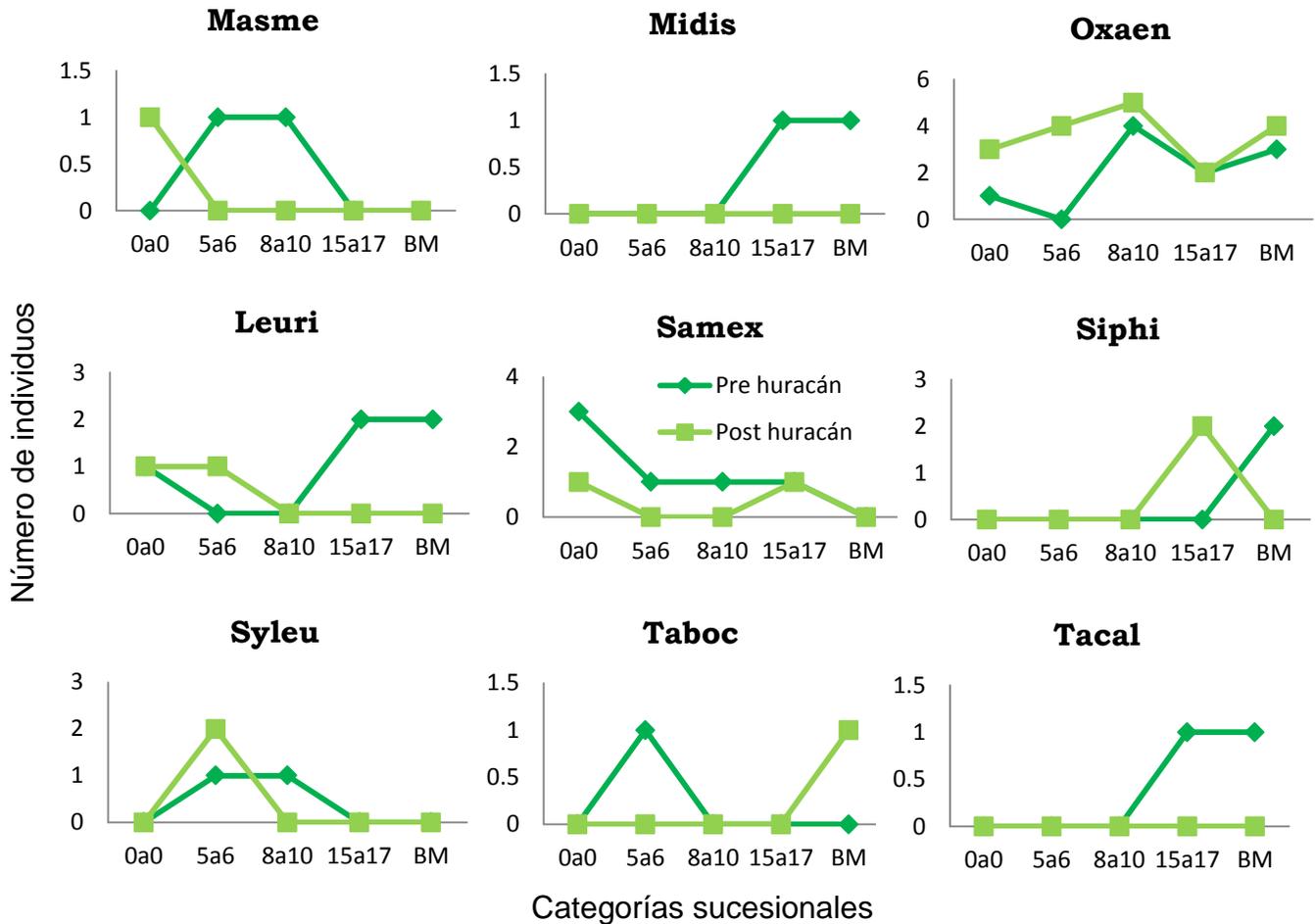


Fig. 10. Patrones de abundancia de especies de serpientes registradas pre y post huracán, a lo largo de las categorías sucesionales del bosque tropical seco de Chamela, Jalisco. Masme= *Masticophis mentavarius*, Midis= *Micrurus distans*, Oxaen= *Oxybelis aeneus*, Leuri= *Leptodeira uribei*, Samex= *Salvadora mexicana*, Sippi= *Sibon philippi*, Syleu= *Symphimus leucostomus*, Taboc= *Tantilla bocourti*, Tacal= *Tantilla calamarina*

Continuación Fig. 10...

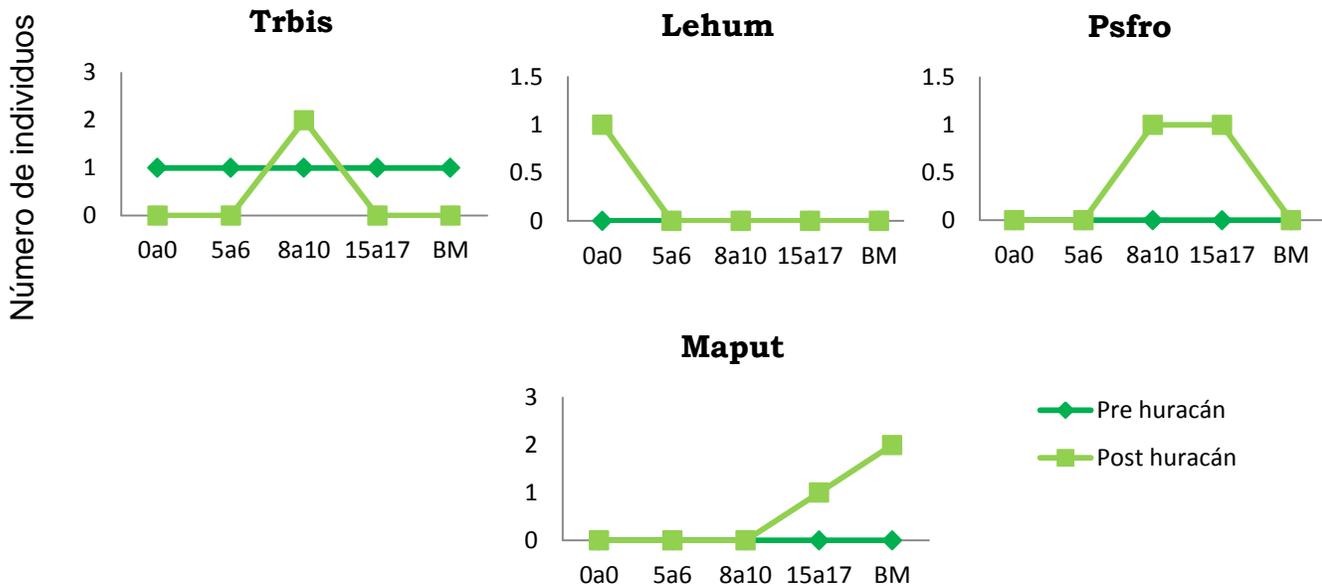


Fig. 10. Patrones de abundancia de especies de serpientes registradas pre y post huracán, a lo largo de las categorías sucesionales del bosque tropical seco de Chamela, Jalisco. Trbis= *Trimorphodon biscutatus*, Lehum= *Leptotyphlops humilis*, Psfro= *Pseudoficimia frontalis* y Maput= *Manolepis putnami*.

### Sensibilidad de las especies de reptiles al paso de huracán.

En la comunidad de lagartijas la sensibilidad al paso del huracán vario con respecto a las especie, siete especies presentaron valores positivos ( $\geq 0.2$ ) lo que indica que podrían ser sensibles al paso del huracán, una sola especie, *Heloderma horridum*, presentó sensibilidad alta al paso del huracán (1), por otro lado dos especies presentaron menos sensibilidad ( $\leq 0.2$ ), otras 2 especies (*Plestiodon parvulus* y *Sceloporus horridus*) presentaron sensibilidad

neutra (0), una especie presentó valor negativo ( $\leq -0,2$ ), lo que indica que podrían verse afectados positivamente por el huracán y finalmente las especies de *Aspidoscelis deppei*, *Gerrhonotus liocephalus*, *Mabuya unimarginata* y *Scincella assata*, exhibieron sensibilidad negativa al paso del huracán ( $=-1$ ) (Tabla 4).

En el caso de las especies de serpientes, cinco especies presentaron una sensibilidad alta al paso del huracán ( $=1$ ), trece especies presentaron valores positivos ( $\geq 0.2$ ) lo que indica que podrían ser sensibles al paso del huracán, 4 especies presentaron sensibilidad neutra, mientras que 5 especies presentaron valores negativos ( $\leq -0.2$ ) por lo cual podrían verse afectados positivamente por el huracán y 3 especies más: *Manolepis putnami*, *Pseudoficimia frontalis* y *Leptotyphlops humilis* demostraron sensibilidad totalmente negativa al paso del huracán ( $=-1$ ) (Tabla 5).

Tabla 4. Sensibilidad de especies de lagartijas de Chamela-Cuixmala Jalisco al paso del huracán Jova. Valores de 0.2 a 1= sensibilidad alta, de -0.2 a -1= sensibilidad baja y valores de -0.19 a 0.10= sensibilidad neutra

Especies de lagartijas y sensibilidad		
<i>Heloderma horridum</i> 1	<i>Holcosus undulatus</i> 0.33	<i>Ctenosaura pectinata</i> 0.33
<i>Iguana iguana</i> 0.33	<i>Coleonyx elegans</i> 0.21	<i>Urosaurus bicarinatus</i> 0.21
<i>Aspidoscelis communis</i> 0.13	<i>Aspidoscelis lineattissima</i> 0.05	<i>Plestiodon parvulus</i> 0
<i>Sceloporus horridus</i> 0	<i>Sceloporus melanorhinus</i> -0.01	<i>Phyllodactylus lanei</i> -0.01
<i>Sceloporus utiformis</i> -0.17	<i>Anolis nebulosus</i> -0.47	<i>Aspidoscelis deppei</i> -1
<i>Gerrhonotus liocephalus</i> -1	<i>Mabuya unimarginata</i> -1	<i>Scincella assata</i> -1

	Sensibilidad alta
	Sensibilidad neutra
	Sensibilidad baja

Tabla 4. Sensibilidad de especies de serpientes de Chamela-Cuixmala Jalisco al paso del huracán Jova. Valores de 0.2 a 1= sensibilidad alta, de -0.2 a -1= sensibilidad baja y valores de -0.19 a 0.10= sensibilidad neutra

Especies de serpientes y sensibilidad			
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	<i>Crotalus basiliscus</i>	<i>Enulius flavitorques</i>	<i>Micrurus distans</i>
1	1	1	1
<i>Tantilla calamarina</i>	<i>Hypsiglena torquata</i>	<i>Loxocemus bicolor</i>	<i>Trimorphodon biscutatus</i>
1	0.66	0.66	0.42
<i>Leptodeira uribei</i>	<i>Dipsas gaigeae</i>	<i>Masticophis mentovarius</i>	<i>Leptophis diplotropis</i>
0.42	0.33	0.33	0.2
<i>Salvadora mexicana</i>	<i>Drymarchon melanurus</i>	<i>Tropidodipsas philippii</i>	<i>Symphimus leucostomus</i>
0.2	0	0	0
<i>Tantilla bocourti</i>	<i>Boa constrictor</i>	<i>Leptodeira maculata</i>	<i>Oxybelis aeneus</i>
0	-0.2	-0.26	-0.28
<i>Imantodes gemmistratus</i>	<i>Lampropeltis triangulum</i>	<i>Manolepis putnami</i>	<i>Pseudoficimia frontalis</i>
-0.5	-0.5	-1	-1
<i>Leptotyphlops humilis</i>			
-1			

	Sensibilidad alta
	Sensibilidad neutra
	Sensibilidad baja

### Escalamiento multidimensional

El análisis de escalamiento multidimensional mostró que para las especies de reptiles (lagartijas y serpientes) las parcelas que mayor modificación tuvieron en composición y abundancia con el paso del huracán fueron Zp0a0, R5a6, SM5a6, Zp5a6, C8a10, R8a10 y SC8a10, en general las categorías mayormente afectadas fueron las 5a6 y 8a10 (Fig.11). En el caso del ensamble de lagartijas el sitio que más se modificó con respecto a su composición y abundancia fue Zp0a0, las categorías que mayor modificación sufrieron de manera general fueron 5a6 y 8a10, así como 2 de los bosques maduros (GM y T2) (Fig. 12). Y para las especies de serpientes las parcelas que mayor modificación tuvieron con el paso del huracán fueron Zp0a0 y SM5a6, y en general las categorías mayormente afectadas fueron las 5a6 y 15a17 así como el bosque maduro T2 (Fig.13).

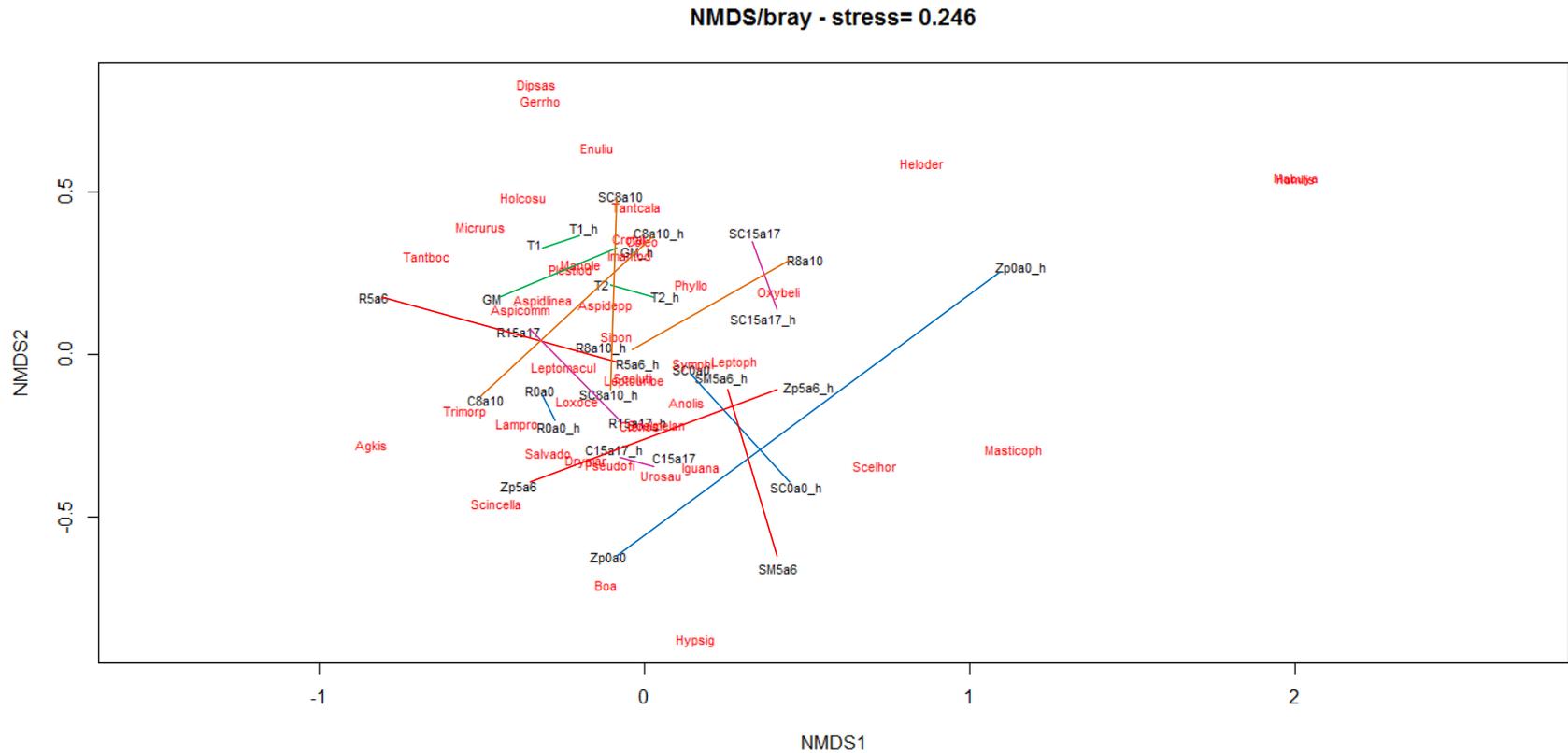


Fig. 11 Escalamiento multidimensional de especies de reptiles (lagartijas y serpientes). R0a0= Ranchitos 0 años de abandono, SC0a0= Santa Cruz 0 años de abandono, Zp0a0= Zapata 0 años de abandono, SM5a6= San Mateo 6 años de abandono, SC5a6= Santa Cruz 5 años de abandono, Zp5a6= Zapata cinco años de abandono, C8a10= Caimán 9 años de abandono, R8a10= Ranchitos 8 años de abandono, SC8a10= Santa Cruz 10 años de abandono, C15a17= Caimán 17 años de abandono, R15a17= Ranchitos 15 años de abandono, SC15a17= Santa Cruz 15 años de abandono, GM= Bosque Maduro Gargoyo, T1= Bosque Maduro Tejón 1 y T2= Bosque maduro Tejón 2. El \_h indica parcelas después del paso del huracán. Las líneas que unen a las parcelas pre-huracán con las parcelas post huracán indican la magnitud del cambio.

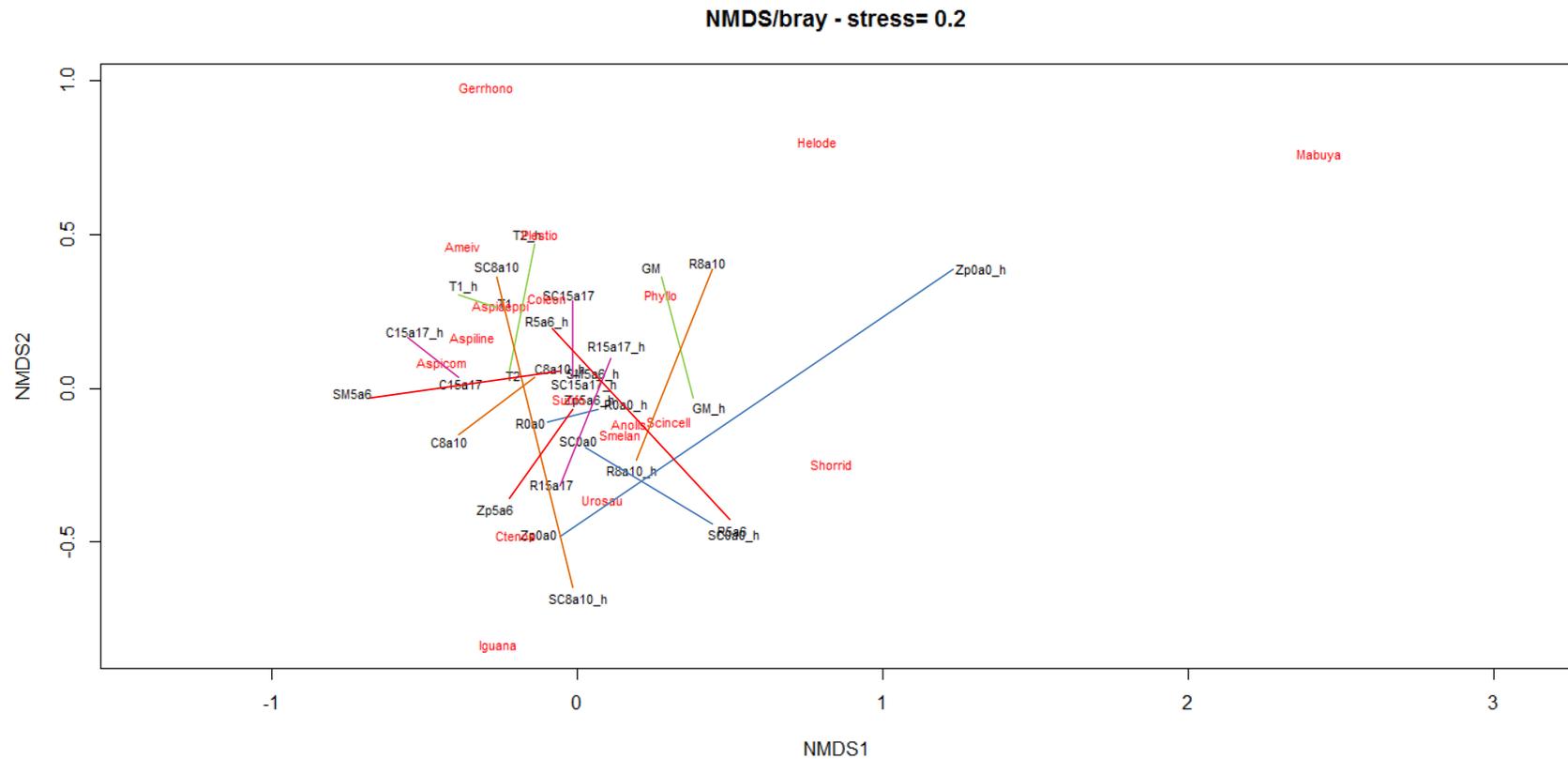


Fig. 12. Escalamiento multidimensional de especies de lagartijas. R0a0= Ranchitos 0 años de abandono, SC0a0= Santa Cruz 0 años de abandono, Zp0a0= Zapata 0 años de abandono, SM5a6= San Mateo 6 años de abandono, SC5a6= Santa Cruz 5 años de abandono, Zp5a6= Zapata cinco años de abandono, C8a10= Caimán 9 años de abandono, R8a10= Ranchitos 8 años de abandono, SC8a10= Santa Cruz 10 años de abandono, C15a17= Caimán 17 años de abandono, R15a17= Ranchitos 15 años de abandono, SC15a17= Santa Cruz 15 años de abandono, GM= Bosque Maduro Gargoyo, T1= Bosque Maduro Tejón 1 y T2= Bosque maduro Tejón 2.

\*el \_h indica parcelas después del paso del huracán.



## VII. Discusión

Se registraron 13 de las 14 especies de lagartijas reportadas antes del paso del huracán, además de que se reportaron 4 especies más (*Aspidoscelis deppei*, *Gerrhonotus liocephalus*, *Mabuya unimarginata*, *Scincella assata*) es posible que los nuevos registros puedan deberse a la acumulación de restos leñosos así como al incremento de luz solar debido a la caída de árboles con el paso del huracán, ya que uno de los efectos de los huracanes es el aumento en la heterogeneidad de hábitats, lo que conlleva a un incremento de recursos y espacio vital para los reptiles (Reagan 1991, Woolbright 1991, Nicoletto 2013). Es posible que la captura de *M. unimarginata* en la categoría 0a0 años de regeneración se deba a que es una especie que se ve favorecida por la perturbación del hábitat, tal y como se ha reportado para otra especie de este género (Suazo-Ortuño et al. 2008). La especie de *G. liocephalus* fue exclusiva del bosque maduro y aunque se le considera poco abundante de zonas conservadas (Suazo-Ortuño et al. 2008), es probable que la apertura de claros por la caída de ramas en el BM haya favorecido su incremento. Aunque en muchas áreas de su distribución la lagartija *Aspidoscelis deppei* es considerada una especie abundante (Duellman y Wellman 1960), esta especie no había sido reportada antes del paso del huracán en ninguna de las categorías sucesionales ni el BM; sorprendentemente, posterior al paso del huracán se encontró en todas las categorías y sus abundancias más altas se registraron en las categorías intermedias (8a10), avanzadas (15a17) y el BM, contradiciendo sus patrones de hábitat, ya que se le considera una especie que prefiere las áreas abiertas (Duellman y Wellman 1960). La lagartija *Scincella assata* incrementó en los estadios tempranos, lo que concuerda con su preferencia por los sitios perturbados (Suazo-Ortuño et al. 2008).

Para las especies de serpientes, se reportaron 17 de las 22 especies registradas en el estudio pre-huracán además de 3 especies nuevas,

*Manolepis putnami*, *Pseudofisimia frontalis* y *Leptotyphlops humilis*. Debido a que las serpientes son normalmente menos abundantes que otros reptiles y a que es difícil su captura en campo (Rugiero y Luiselli 1996) es posible que la captura de estas tres especies nuevas se deba a que con el paso del huracán, la heterogeneidad de hábitats haya aumentado, lo que ha conducido a un aumento de recursos para este tipo de organismos (Reagan 1991, Wunderle *et al.* 2004, Nicoletto 2013). La desaparición de las cinco especies de serpientes tras el paso de huracán se debe a que algunas son especies consideradas sensibles a las perturbaciones, como los son *Crotalus basiliscus* y *Micrurus distans* estas especies habían sido reportadas antes del paso del huracán en su mayoría en la categoría más avanzada 15a17 y el BM, por otra lado la especie de *Tantilla calamarina* es considerada una especie de hábitats perturbados y contrario a lo que se esperaba no se reportó tras el paso del huracán en ninguna categoría sucesional (Suazo-Ortuño *et al.* 2008).

Las curvas de acumulación de especies de reptiles revelaron que no existe una diferencia en el número de individuos y riqueza entre las categorías sucesionales, sin embargo el número de individuos aumentó en la categoría 8a10, esto puede deberse al incremento en abundancias en especies como *Anolis nebulosus*, *Aspidoscelis deppei* y *Sceloporus utiformis*; en el caso de las especies *A. deppei* y *S. utiformis* estas presentaron el mayor número de individuos en esta categoría sucesional, esto posiblemente se deba a que al ser una categoría intermedia los árboles en esta categoría tienen diámetros inferiores en comparación a los que se encuentran en categorías más avanzadas (15a17) y el BM, y con el paso del huracán los árboles de esta categoría tendrán mayor mortandad generando una mayor apertura de dosel lo cual beneficia a estas especies ya que son especies consideradas de áreas abiertas (Suazo-Ortuño *et al.* 2008, Tanner *et al.* 1991). En el caso de las lagartijas las curvas tampoco presentaron diferencias pre vs post huracán en la abundancia y riqueza de especies, se observó que la abundancia aumentó en todas las categorías, sin embargo la riqueza de especies disminuyó en las

categorías 8a10 y 15a17, por la pérdida de algunas especies como *Iguana iguana* para ambas categorías, esta especie es considerada poco abundante, además de que está relacionada con árboles con gran cobertura dosel, los cuales con el huracán podrían haber perdido el follaje perjudicando las abundancias de esta especie, *Holcosus undulatus* es otra especie que se perdió en estas categorías, esto debido a que es considerada una especie de BM, la cual se vio aparentemente afectada negativamente con el paso del huracán (Hofer et al. 2000, Suazo-Ortuño et al. 2008). Por otro lado las curvas para especies del serpientes mostraron una disminución tanto en el número de individuos así como en la riqueza de especies en todas las categorías sucesionales, sin embargo en la categoría 5a6 el número de individuos incremento, esto puede deberse a la presencia de especies como *Oxybelis aeneus* la cual es considerada una especie que prefiere áreas perturbadas, la cual tuvo el mayor aumento de individuos en esta categoría (Suazo-Ortuño et al. 2008).

La abundancia, riqueza y diversidad relativas de las especies de reptiles en general (lagartijas y serpientes) no mostró diferencias estadísticas significativas sin embargo todos los valores en todas las categorías disminuyeron a excepción de la categoría 5a6 en la cual aumentaron; a pesar de que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de abundancia de especies de lagartijas, los valores tendieron a aumentar tras el paso del huracán, lo cual podría indicar que para la mayoría de las especies de lagartijas el efecto del huracán fue positivo, en especial para algunas especies como *Anolis nebulosus* y *Sceloporus utiformis*, las cuales estuvieron presentes en todas las categorías sucesionales. Algunas lagartijas del genero *Anolis* son consideradas oportunistas ante las perturbaciones como los huracanes (Reagan 1991) y los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con esto ya que la abundancia de *A. nebulosus* tras el paso del huracán casi se triplico con respecto a la abundancia pre huracán (240-676). Este aumento en la abundancia concuerda con resultados de otros estudios como el de Nicoletto 2013 el cual reporta que el huracán Rita tuvo un efecto

positivo en la herpetofauna ya que las abundancias de especies aumentaron en gran medida. Además de presentar abundancias altas estas dos especies de lagartijas fueron las más dominantes en todas las categorías sucesionales contradiciendo lo reportado por otros autores los cuales aseguran que con el paso de un huracán la dominancia de especies disminuye (Schriever *et al.* 2009). En los valores de abundancia de especies de serpientes tampoco se encontraron diferencias significativas, pero la abundancia disminuyó en todas las categorías sucesionales. Esto podría explicarse debido a que tras el paso de un huracán los bosques sufren de una pérdida de cobertura dosel abrupta lo cual genera mayores fluctuaciones en la temperatura, además de un aumento en la intensidad de la luz y en la evapotranspiración (Sousa 1984, Webb *et al.* 2005), y es posible que la mayoría de las especies de serpientes no sea capaz de sobrellevar estos cambios en su hábitat. Por el contrario las abundancias de lagartijas y serpientes aumentaron en la categoría 5a6. Es posible que algunas de las especies presentes en este estadio (5a6) sean especies adecuadas a zonas abiertas, como la especie de *Aspidoscelis deppei*, *Oxybelis aeneus*, y con el paso del huracán, los efectos negativos generados en su hábitat no sean tan significativos para estas especies; ya que según algunos autores, las especies de zonas abiertas al ser más tolerantes a las grandes exposiciones de sol y humedades bajas son menos afectadas con los huracanes ya que aunque queden expuestas son menos sensibles que otras especies (Reagan 1991).

La composición de especies de lagartijas por categoría sucesional casi no fue modificada con el paso del huracán y los valores de ANCOVA no presentaron diferencias significativas en la mayoría de las categorías a excepción del 15a17 ( $P= 0.0017$  y marginal en el BM ( $P=0.0557$ ), la mayoría de las especies que desaparecieron de alguna categoría son arborícolas como *Iguana iguana*, *Ctenosaura pectinata*, etc. lo cual es de esperarse ya que tras el paso del huracán la mayoría de los árboles mueren o sufren algún tipo de daño (Greenberg 2001 y Sherman *et al.* 2001) de la misma manera, la mayoría de las especies que aparecieron como nuevas en casi todas las categorías son

especies terrestres como *A. deppei*, *S. assatta* y *M. unimarginata*, esto podría deberse que con el paso del huracán se generan restos leñosos, lo cual aumenta la disponibilidad de recursos y así mismo aumenta significativamente la heterogeneidad de los hábitats lo cual puede beneficiar a las especies de herpetofauna (Greenberg 2001, Nicoletto 2013).

La composición de especies de serpientes por el contrario sufrió grandes cambios, ya que en cada una de las categorías al menos la mitad de las especies sufrieron un recambio, este recambio incremento conforme la edad de abandono siendo el BM el que presento el mayor recambio de especies y la única categoría que presento diferencias significativas en cuanto a su composición de especies ( $P= 0.0438$ ). La mayoría de las especies que sufrieron ese recambio con el paso del huracán son arborícolas y la mayoría de las especies que se reportaron tras el paso del huracán son terrestres y fosoriales, posiblemente debido a sus hábitos estas especies pudieron sobrellevar el daño provocado por el huracán (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Los nuevos registros tras el paso del huracán de especies de lagartijas (*Aspidoscelis deppei*, *Gerrhonotus liocephalus*, *Mabuya unimarginata*, *Scincella assata*) junto con la especie *Anolis nebulosus* presentaron sensibilidad baja al paso del huracán, lo cual era de esperarse en el caso de la especie *A. nebulosus*, ya que concordando con Reagan (1991), las especies del genero *Anolis* suelen ser oportunistas a las perturbaciones. Seis especies presentaron sensibilidad alta, esto puede deberse a que algunas son consideradas especies sensibles a las perturbaciones como lo son *Heloderma horridum*, *Iguana iguana* y *Ameiva undulata* (Hofer 2000, Suazo *et al.* 2008, Lara 2011). Los 3 registros nuevos de especies de serpientes tras el paso del huracán al igual que otras 5 especies más, presentaron sensibilidad baja al paso del huracán, por otro lado 13 especies presentaron sensibilidad alta, especialmente *Crotalus basiliscus*, *Enulius flavitorques*, *Micrurus distans*, *Tantilla calamarina* y *Agkistrodon bilineatus*, esto podría deberse a que todas presentan abundancias bajas además de que algunas como *E. flavitorques*, *M.*

*distans* y *T. calamarina* son especies especialistas de zonas conservadas y es de esperar que tras el paso del huracán no se hayan reportado (García y Ceballos 1994). El análisis de escalamiento multidimensional mostró cambios drásticos principalmente en 4 parcelas con el paso del huracán: Zp0a0, Ra5a6, Ra8a10 y SC8a10 tanto como reptiles en general como por lagartijas y serpientes por separado, en general el cambio drástico en Zp0a0 se debe a las nuevas especies registradas como *Scincella assata*, *Mabuya unimarginata* y *Leptotyphlops humilis*, en Ra5a6, Ra8a10 y SC8a10 las especies causantes fueron *Sceloporus utiformis*, *Anolis nebulosus*, *Aspidoscelis deppei* y la serpiente *Symphimus leucostomus*. La especie *S. utiformis* fue una de las principales causas para el cambio en las parcelas de Zp5a6, SC5a6 y SC15a17, estas parcelas se agruparon debido a que la abundancia de esta especie aumento considerablemente con el paso del huracán.

Los resultados de este estudio muestran que el huracán Jova afectó positivamente a algunas especies de lagartijas y serpientes, ya que incrementaron sus abundancias en las diferentes categorías sucesionales del bosque tropical seco, mientras que en otras especies su efecto fue neutro y en algunas otras el efecto fue negativo. Estos resultados son contrarios a lo reportado por Nicoletto (2013), quien menciona que todas las especies de reptiles fueron positivamente beneficiadas por el paso del huracán Rita en un bosque templado de Texas.

## VIII. Literatura citada

- Avila-Cabadilla L. D., K. E. Stoner, M. Henry y M. Y. Alvares. 2009. Composition, structure and diversity of phyllostomid bat assemblages in different successional stages of a tropical dry forest. *Forest ecology and management*. (258): 986-996.
- Bowen, M. E., C. A. McAlpine, A. P. N. House, y G. C. Smith. 2007. Regrowth forests on abandoned agricultural land: A review of their habitat values for recovering forest fauna. *Biological Conservation* (140): 273-296.
- Cabrera-Guzmán E. 2005. Estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en fragmentos pequeños de bosque tropical perennifolio de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. UNAM.
- Calderón-Mandujano R., C. Galindo-Leal, y R. Cedeño-Vázquez. 2008. Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 95-114.
- Carvajal-Cogollo J. E. y J. N. Urbina-Cardona. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical conservation science*. 1 (4):397-416.
- Ceballos, G. y A. Miranda. 1986. Los mamíferos de Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F, México.
- Ceballos, G., A. García y P. Rodríguez. 1993. Plan de manejo de la reserva ecológica de Chamela-Cuixmala. Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., México, D.F., México.

- Ceballos, G. y A. Miranda. 1994. Los mamíferos de la costa de Jalisco. Fundación ecológica de Cuixmala, A.C., México, DF.
- Chazdon, R. L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320: 1458-1450.
- Colwell, R. y J. Coddington 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*. 345:101-118.
- Colwell, R. K. 2009. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. User's guide. University of Connecticut, Storrs. Available from <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateSPages/EstSUUsersGuide/EstimateSUUsersGuide.htm> (accessed Enero 2011).
- CONAGUA: accesado octubre del 2012. [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=102](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102).
- Cosson, J. F., J. M. Pons, y D. Masson. 1999. Effects of forest fragmentation on frugivorous and nectarivorous bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* (15): 515-534.
- Cotler, H., E. Duran y C. Siebe. 2002. Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque tropical caducifolio. En: Noguera, F. A., J. H. Vega, A. N. García, M. Quesada. *Historia Natural de Chamela*. 1ra. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 17-80.

- Duellman W. Y J. Wellman. 1960. A systematic study of the lizards of the Deppei group (Genus *Cnemidophorus*) in Mexico and Guatemala. Museum of zoology. university of Michigan. No. III. 88 pp.
- Dunn, R. R. 2004. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. *Conservation Biology* (18): 302-309.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F
- García, A. y G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco. Fundación Ecológica de Cuixmala. A. C. e Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D.F.
- García-Oliva F., A. Camou y J.M. Maass. 2002. El clima de la región central de la costa del pacífico mexicano. En: Noguera, F. A., J. H. Vega, A. N. García, M. Quesada. *Historia Natural de Chamela*. 1ra. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 3-16.
- Gotelli J. N., y G. R. Graves. 1996. *Null Models in Ecology*. Smithsonian Institution Press. Washington and London.
- Gotelli N.J., y G.L. Entsminger. 2004. *EcoSim: Null models software for ecology*. Version 7. Acquired Intelligence Inc. y Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm>
- Granzow-de la Cerda I., 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. *REv. Biol. Trop.* 45 (4): 1409-1419.

- Greenberg C. H. 2001. Response of reptile and amphibian communities to canopy gaps created by wind disturbance in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management*. (148): 135-144.
- Hernández, O.O. 2009. “Cambios de composición y estructura de comunidades de anfibios y reptiles en una cronosecuencia de bosques secundarios de una región tropical cálido-húmeda. Tesis de Maestría. Centro de investigaciones en ecosistemas. Universidad nacional autónoma de México. 67pp.
- Hofer U., L. F. Bersier y D. Borcard. 2000. Ecotones and gradients as determinants of herpetofaunal community structure in the primary forest of Mount Kupe, Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 16: 517-533.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*, second edition. Addison Wesley Longman, Inc., Menlo Park, CA, USA.
- Lara N. 2011. Estructura y composición del ensamblaje de lagartijas en diferentes estadios sucesionales de un bosque tropical seco en la Región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 47 pp.
- Lugo A. E., M. Applefield, D. J. Pool y R. B. McDonald. 1983. The impact of hurricane David on the forest of Dominica, Can. *Journal Forestry Res* (13): 201-211.
- Lugo A. E. 2008. Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: an international review. *Austral ecology*. 33 (4): 368-398.

- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science, Malden, Massachusetts.
- Marquez C. 2011, Estructura y composición del ensamblaje de serpientes en diferentes estadios sucesionales del bosque tropical seco en la Región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 49 pp.
- Martínez-Ramos M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. Bol. Soc. Bot. México. (54): 179-224.
- Nicoletto P. F. 2013. Effects of hurricane Rita on the herpetofauna of Village Creek State Park, Hardin County, Texas. The Southwestern Naturalist. 58 (1): 64-69.
- Paz J. G. 2012. Estructura y composición del ensamblaje de anfibios en diferentes estadios sucesionales del bosque tropical seco en la Región de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Pescador-Rubio, A., A. Rodríguez-Palafox y F. A. Noguera. 2002. Diversidad y estacionalidad de Arthropoda. En: Noguera, F. A., J. H. Vega, A. N. García, M. Quesada. Historia Natural de Chamela. 1ra. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 183-202.
- Ramírez-Bautista, A., 1994. Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Cuadernos del Instituto de Biología 23, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Reagan D. P. 1991. The Response of Anolis Lizards to Hurricane-Induced Habitat Changes in a Puerto Rican Rain Forest. *Biotropica*. Vol. 23 (4): 468-474.
- Robertson K. M. y W. J. Platt. 2001. Effects of multiple Disturbances (Fire and Hurricane) on Epiphyte Community Dynamics in a Subtropical Forest, Florida, U.S.A. *Biotropica*. 33 (4): 573-582.
- Ross M. S., M. Carrington, L. J. Flynn y P. L. Ruiz. 2001. Forest Succession in Tropical Hardwood Hammocks of the Florida Keys: Effects of Direct Mortality from Hurricane Andrew. *Biotropica* 33 (1):23-33.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial limusa, México, D.F.
- Schaaf, P. 2002, *Geología y Geofísica de la costa de Jalisco*. En: Noguera, F. A., J. H. Vega, A. N. García, M. Quesada. *Historia Natural de Chamela*. 1ra. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 11-16.
- Schoener T. W., D. A. Spiller y J. B. Losos. 2003. Variable ecological effects of hurricanes: The importance of seasonal timing for survival of lizards on Bahamian islands. *PNAS*. Vol. 101 (1): 177-181.
- Schroeder N. M. 2006. *El ejido como institución de acción colectiva en el manejo de los ecosistemas de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 164 pp.

- Schriever T. A., J. Ramspott, B. I. Crother y C. L. Fontenot. 2009. Effects of Hurricanes Ivan, Katrina, and Rita on a Southeastern Louisiana Herpetofauna. *Bioone*. 29 (1): 112-122.
- Sherman E. R., J., Fahey y P. Martínez. 2001. Hurricane impacts on a mangrove forest in the Dominican Republic: damage patterns and early recovery. *Biotropica* 33(3): 393-408.
- Smouse P. E., J. C. Long y R. R. Sokal. 1986. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence. *Systematic Zoology*. Vol. 35 (4): 627-632
- Soberón J. y J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for prediction of species richness. *Conservation Biology* 7: 480-488.
- Sousa W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* (15) :353-391.
- Stokstad E. 2008. A second Chance for Rainforest Biodiversity. *Science* 320:1436-1438.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz, y M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblage. *Conservation Biology* 22:362-374.
- Tanner E. V. J., V. Kapos y J. R. Healey. 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the caribbean. *Biotropica*. 23(4a): 513-521.
- Urbina-Cardona J.N. y V.H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en la Reserva de Los Tuxtlas,

- Veracruz, México. Pp. 191–207. Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma. (4): 191-207.
- Urbina-Cardona, J.N. Londoño-Murcia, M.C. y García-Ávila, D.G. 2008. Dinámica espacio-temporal en la diversidad de serpientes en cuatro hábitats con diferente grado de perturbación antropogénica en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, pacífico colombiano. *Caldasia* 30(2).
- Vandermeer J., N. Zamora, K. Yih y D. Boucher.1990. Regeneracion inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. *Rev. Biol. Trop.*, 38 (2B): 347-359.
- Walker L. R., J. Walker, y R. J. Hobbs, Eds. 2007. Linking restoration and ecological succession (Springer, New York).
- Webb J. K., R. Shine y R. M. Pringle. 2005. Canopy removal restores habitat quality for an endangered snake in a fire suppressed landscape. *Copeia*. 894–900.
- Woolbright L. L. 1991. The impact of hurricane Hugo on forest frogs in Puerto Rico. *Biotropica*. Part A. Special Issue: Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the caribbean. 23 (4): 462-467.
- Wunderle J. M., J. E. Mercado, B. Parresol y E. Terranova. 2004. Spatial Ecology of Puerto Rican Boas (*Epicrates inornatus*) in a Hurricane Impacted Forest. *Biotropica* 36 (34): 555-571.
- Zar J. 1996. Biostatistical analisis. Tercera ed. Prentice Hill. E.U.A.

Zimmerman J. K., E. M. Everham III, R. B. Waide, D. J. Lodge, C. M. Taylor y N. V. L. Brokaw. 1994. Response of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. *Journal of Ecology*. (82): 911-922.



### **CAPITULO III**

**Respuesta de los  
grupos funcionales  
de reptiles de  
Chamela-Cuixmala,  
Jalisco al paso del  
huracán Jova.**

## **Resumen**

Se sabe que la conversión de los hábitats nativos a tierras de cultivo tiene un efecto negativo sobre la diversidad de especies; sin embargo a pesar de que la magnitud de estos cambios en la diversidad de especies de los bosques tropicales están bien documentados, la mayoría de los trabajos no pueden explicar el efecto potencial de la pérdida de especies sobre las funciones y servicios en un ecosistema. Un grupo funcional (GF) se define como un conjunto de especies, sin ninguna relación de competencia, que presentan características similares y que por lo tanto es probable que sean similares en sus efectos en el funcionamiento del ecosistema. La evaluación de la riqueza a nivel de GF en lugar de la medición de riqueza de especies es favorable ya que los GF están directamente relacionados con los rasgos de las especies en lugar de una clasificación basada en la taxonomía. En animales es posible diferenciar grupos funcionales considerando atributos morfológicos, fisiológicos, conductuales o de historia de vida que expresan formas contrastantes para enfrentar las condiciones físicas adversas de su ambiente o de explotar diferencialmente los recursos del mismo. Clasificamos el ensamble de reptiles en grupos funcionales según su hábitat preferencial en: terrestres, fosoriales y arborícolas; por tipo de alimentación en: herbívora, insectívora, omnívora y carnívora para las lagartijas y en: especialistas o generalistas para las serpientes; tipo de reproducción en: ovíparo y vivíparo y las tallas en: pequeña, mediana, grande y extra-grande. No se encontró diferencias estadísticas entre los valores de las categorías sucesionales pre vs post huracán para cada grupo funcional, probablemente por la presencia de numerosas especies “redundantes” en la comunidad de reptiles, ya que algunos autores sugieren que la presencia de grupos funcionales con muchas especies redundantes (>6 especies por GF) confiere al ecosistema resiliencia a disturbios.

**Palabras clave:** grupos funcionales, reptiles, especies redundantes, especies especialistas, carnívoros.

**Abstract**

It is known that the conversion of native habitats to farmlands has a negative effect on the diversity of species; However although the magnitude of these changes in the species diversity of tropical forest are well documented, the most of the works can't explain the potentially effect of the species loss on the functions and services in the ecosystem. A functional group (GF) is defined as a set of species, without any relation of competency, that present similar characteristics and therefore is probably that it be similar in his effects in the functioning of the ecosystem. The evaluation of the richness at GF level instead of the measurement of the richness of species is favorable because the GF they are directly related with the characteristics of the species instead of one classification based in the taxonomy. In animals it is possible to differentiate functional groups considering morphological, physiological, behavioral or life history attributes that express contrasting ways to face the adverse physical conditions of their environment or differentially exploit the resources on it. Were classified the assembly of reptiles into functional groups according to their preferred habitat: terrestrials, fossorial and arboreal; by feeding type: herbivorous, insectivorous, omnivorous and carnivorous for the lizards; and in: specialists or generalists for snakes; type of reproduction: oviparous and viviparous and sizes in: small, medium, large and extra-large. Not found statistical differences between the values of the successional categories pre vs post hurricane for each functional group, probably due to the presence of numerous "redundant" species in the reptile community, as some authors suggest that the presence of functional groups with many redundant species (> 6 species GF) gives the ecosystem resilience to disturbances.

**Palabras clave:** functional groups, reptiles, redundant especies, carnivorous.

## I. Introducción

Se ha documentado ampliamente que la pérdida de la biodiversidad del planeta se debe principalmente a las actividades humanas, especialmente a la ganadería y agricultura (Turner y Corlett 1996). De manera general se sabe que la conversión de los hábitats nativos a tierras de cultivo tiene un efecto negativo sobre la diversidad de especies (Donald y Evans 2006). Sin embargo a pesar de que la magnitud de estos cambios en la diversidad de especies de los bosques tropicales están bien documentados, la mayoría de los trabajos no pueden explicar el efecto potencial de la pérdida de especies sobre las funciones y servicios en un ecosistema (Forys y Allen 2002, Bihn *et al.* 2010). La diversidad funcional se ha definido como "el rango o valor que tiene una especie, así como sus características y rasgos, que influyen en el funcionamiento de un ecosistema" (Tilman 2001). Cada especie posee un gran número de características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, las cuales pueden influir en la abundancia de las especies, así como en el funcionamiento de los ecosistemas (Tilman 2001, Martínez-Ramos 2008). De esta manera el número de funciones aumenta al incrementarse el número de especies (Forys y Allen 2002, Martínez-Ramos 2008). La necesidad de transferir los conocimientos adquiridos a partir de especies individuales a un enfoque más generalizado ha llevado al desarrollo de sistemas de categorización, donde la similitud entre especies con respecto a sus estrategias de vida y sus rasgos se clasifican en grupos ecológicos como lo son los grupos funcionales (GF) (Blaum *et al.* 2011). Un GF se define como un conjunto de especies, sin ninguna relación de competencia, que tienen características similares, y que por lo tanto es probable que sean similares en sus efectos en el funcionamiento del ecosistema (Blondel 2003, Blaum *et al.* 2011). La evaluación de la riqueza a nivel de GF en lugar de la medición de riqueza de especies es favorable ya que los GF están directamente relacionados con los rasgos de las especies en lugar de una clasificación evolutiva basada en la taxonomía (Blaum *et al.* 2011). Diversos

estudios aseguran que analizar las comunidades a nivel de grupo funcional tiene beneficios mayores que analizar las comunidades a nivel de especies, ya que analizar las comunidades por especie demanda un mayor tiempo, costo y esfuerzo, además de que en comunidades naturales esto sería casi imposible tomando en cuenta el gran número de especies presentes en un ecosistema (Steneck y Megan 1994, Blaum *et al.* 2011). Uno de los beneficios al estudiar GF sería que al realizar un análisis a nivel de grupo funcional se puede aplicar de manera más amplia en el espacio para poder hacer comparaciones biogeográficas (Steneck y Megan 1994). Además de que independiente al número de individuos, un grupo pequeño de especies pueden tener importancia primordial en la estructura de la comunidad (Steneck y Megan 1994, Martínez-Ramos 2008). Existen diversos estudios sobre grupos funcionales en las comunidades, sin embargo la mayoría de los trabajos se basa en comunidades vegetales (Diaz y Cabido 2001 Leps *et al.* 2003). En los animales es posible diferenciar grupos funcionales considerando atributos morfológicos, fisiológicos, conductuales o de historia de vida que expresan formas contrastantes para enfrentar las condiciones físicas adversas de su ambiente o de explotar diferencialmente los recursos del mismo (Ceballos 1995, Martínez-Ramos 2008). Por ejemplo, en los bosques existen grupos de especies de insectos, anfibios, reptiles y mamíferos, que habitan principalmente el dosel del bosque (especies arborícolas). Otros desarrollan todas sus actividades sobre el suelo (especies terrestres), mientras que otro grupo habita por debajo del suelo (especies fosoriales) (Martínez-Ramos 2008). Autores consideran que la evaluación de la respuesta de las comunidades a los cambios ambientales, requiere de un sistema de clasificación funcional que vaya más allá del enfoque centrado en el gremio de los recursos (Barnett *et al.* 2007). Sin embargo el desarrollo de los sistemas de clasificación comparables en ecología animal más allá del enfoque centrado en el gremio de los recursos sigue siendo un desafío. (Blaum *et al.* 2011). Una filosofía ingenua en la biología de la conservación es que una alta diversidad de especies garantiza una alta diversidad funcional y

que a su vez mantiene la estabilidad en el funcionamiento de los ecosistemas, sin embargo esto aún no se ha comprobado (Chapin *et al.* 1997, Tilman *et al.* 1997, Mayfield *et al.* 2010). Aunque la relación entre la diversidad de especies y la diversidad funcional es un tema fundamental en ecología de la conservación, en comparación con la diversidad de especies, los métodos de cuantificación de la diversidad funcional están menos desarrollados (Petchey y Gaston 2002) y su evaluación directa en los sistemas heterogéneos naturales y su relación con la intensidad de perturbación es limitada (Biswas y Mallik 2011). Algunos estudios han investigado la relación entre la diversidad de las especies y la respuesta diversidad funcional a diferentes grados de intensidad de perturbación (Biswas y Mallik 2010 y 2011). Encontrando que la riqueza y la diversidad funcional alcanzan picos máximos a una intensidad moderada de perturbación (Biswas y Mallik 2010). Sin embargo, la relación entre la riqueza de especies y la riqueza funcional en ensamblajes naturales es poco conocida ya que la mayoría de estos estudios se han realizado en experimentos de laboratorio (Bihn *et al.* 2010). Aun así diversos autores coinciden en que una mayor diversidad funcional, podría aumentar la estabilidad en los procesos de los ecosistemas, debido a que una gran diversidad funcional en las interacciones tróficas de los ecosistemas podría ofrecer vías alternas de flujo de energía y este flujo por lo tanto haría más estable los niveles tróficos; además de que una mayor diversidad funcional podría ayudar a reducir la susceptibilidad de los ecosistemas a la invasión de especies nuevas después de una perturbación (Chapin III y Shaver 1985, Naeem y Li 1997, Martínez 2008). Esto se debe a que cuando una especie se pierde tras una perturbación, otra puede desempeñar su función y se da entonces una compensación funcional; debido a la presencia de especies “redundantes”. Una especie “redundante” se refiere a aquella especie que es capaz de duplicar la función de otra en el ecosistema ya que contribuyen de formas muy similares (Martínez 2008). Se piensa que la presencia de grupos funcionales con muchas especies redundantes (>6 especies) confiere al

ecosistema resiliencia a disturbios como los huracanes e incendios, además de que puede ayudar a la conservación de la biodiversidad (Naeem y Li 1997, Forys y Allen 2002, Martínez 2008). Diversos autores consideran que la mejor forma de minimizar la pérdida de especies es manteniendo la integridad de las funciones en un ecosistema (Walker 1992, Forys y Allen 2002). Cada especie tiene una participación única en la función, de tal manera que inclusive las especies que son consideradas raras (de muy baja abundancia y frecuencia de aparición), como lo son muchas especies de reptiles, tienen una contribución a la función de los ecosistemas (Martínez 2008). Es por esto que el presente capítulo analiza si los diferentes grupos funcionales de las especies de reptiles cambian en su proporción de especies a lo largo de la sucesión secundaria del BTS y si estos grupos fueron afectados por el paso del huracán Jova.

## **II. Hipótesis**

2.1. Debido a sus hábitos preferenciales, las especies arborícolas se verán mayormente afectadas que las especies terrestres y fosoriales tras el paso del huracán principalmente en el BM y los estadios secundarios avanzados.

2.2. Dado que la riqueza funcional alcanza picos máximos a una intensidad moderada de perturbación se espera que los grupos funcionales de reptiles presenten mayor riqueza de especies en la categoría más avanzada (15a17 años).

2.3. Los estadios más avanzados de la sucesión secundaria presentarán grupos funcionales con mayor cantidad de especies redundantes >6 especies después del paso del Huracán Jova dada la resiliencia que la presencia de grupos funcionales con muchas especies (redundantes) confiere al ecosistema.

### **III. Objetivos**

#### 3.1 Objetivo general

Evaluar cambios en la riqueza de los grupos funcionales de reptiles del BTS en un gradiente de sucesión secundaria de Chamela-Cuixmala como respuesta al impacto del huracán Jova.

#### 3.2 Objetivos particulares

Evaluar los grupos funcionales de reptiles pre y posthuracán que habitan los diferentes estadios sucesionales del BTS.

Evaluar diferencias en el hábitat preferencial, tipo de alimentación, tipo de reproducción y la talla de las especies de reptiles antes y después del paso del huracán Jova entre los diferentes estadios sucesionales del bosque tropical seco.

## **IV. Metodología**

4.1 Área de estudio y trabajo de campo (Ver capítulo 2).

### **4.2. Grupos Funcionales**

Todas especies de reptiles fueron clasificadas en los siguientes grupos Funcionales: Hábitat Preferencial: se clasificó a las especies de acuerdo al sustrato en el que desarrollan sus actividades. Las categorías utilizadas fueron terrestres para las que viven principalmente sobre el suelo; fosoriales las que viven bajo el suelo, en agujeros y oquedades, entre la hojarasca y dentro de troncos o algún objeto; arborícolas, para las que habitan sobre árboles o arbustos, y las mezcla de estos grupos para las especies que combinan sus actividades en 2 tipos de sustratos como terrestres-arborícolas, arborícola-terrestre y terrestre fosorial. Para el tipo de alimentación se clasificó a las especies en especialistas o generalistas. Para tipo de reproducción se manejó el término ovíparo para aquellas especies cuyas crías completan su desarrollo en un huevo depositado por la madre en un lugar adecuado, mientras que vivíparo es un término utilizado para aquellas especies en las que las crías nacen ya desarrolladas. Para las tallas de lagartijas se identificaron 4: Pequeña (LHC<53 mm), mediana (LCH 54-95 mm), (grande LCH 96-199 mm) y extra grande (LCH>200 mm) y para las tallas de serpientes 3: Pequeña (LHC<530 mm), mediana (LCH 531-1000 mm), (grande LCH> 1001 mm) (García y Ceballos 1994, Ramírez-Bautista 1994).

### **4.3. Análisis estadísticos**

Se creó una matriz de datos utilizando el número de individuos por atributo funcional por cada una de las categorías sucesionales antes y después del huracán, una vez creada esta matriz se analizó una análisis de ANCOVA para

determinar si habían diferencias estadísticas con el paquete estadístico R 2.14.2.

## V. Resultados

Todas las especies de lagartijas arborícolas registradas en el Pre-huracán fueron reportadas nuevamente tras el paso del huracán Jova al igual que todas las especies terrestres, mientras que una especie terrestre (*Heloderma horridum*) no se reportó nuevamente. Se reportaron cuatro especies nuevas, de las cuales dos son fosoriales, una terrestre y una arborícola-terrestre (Tabla 1). Para las serpientes casi todas las especies encontradas Post-huracán fueron terrestres con excepción de cinco: *Leptophis diplotrophis*, *Imantodes gemmistratus*, *Oxybelis aeneus*, *Dipsas gaigae*, las cuales son arborícolas; se reportaron cuatro especies nuevas con el paso del huracán, dos son terrestres, una fosorial y una terrestre-fosorial (Tabla 2).

Tabla 1. Hábitat Preferencial, Tipo de Alimentación, Modo de Reproducción, Longitud Hocico-Cloaca y Talla de las especies de lagartijas registradas en diferentes estadios sucesionales del BTS y el BM de la región de Chamela, Jalisco.

Lagartijas	Pre-Huracán	Post-Huracán	Hábitat preferencial	Tipo de Alimentación	Modo de reproducción	LHC (mm)	Talla
<i>Holcosus undulatus</i>	X	X	Terrestre	Insectívora	Ovipara	117	G
<i>Aspidoscelis communis</i>	X	X	Terrestre	Insectívora	Ovipara	155	G
<i>Aspidoscelis lineatissima</i>	X	X	Terrestre	Insectívora	Ovipara	112	G
<i>Plestiodon parvulus</i>	X	X	Fosorial	Insectívora	Ovipara	52	P
<i>Sceloporus utiformis</i>	X	X	Terrestre	Insectívora	Ovipara	70	M
<i>Coleonix elegans</i>	X	X	Fosorial	Insectívora	Ovipara	96	G
<i>Heloderma horridum</i>	X		Fosorial	Carnívora	Ovipara	400	EG
<i>Anolis nebulosus</i>	X	X	Arborícola Terrestre	Insectívora	Ovipara	43	P
<i>Phyllodactylus lanei</i>	X	X	Terrestre Arborícola	Insectívora	Ovipara	75	M
<i>Sceloporus horridus</i>	X	X	Terrestre Arborícola	Insectívora	Ovipara	110	G
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	X	X	Arborícola	Insectívora	Ovipara	96	G
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	X	X	Arborícola	Insectívora	Ovipara	45	P
<i>Ctenosaura pectinata</i>	X	X	Arborícola Terrestre	Omnívora	Ovipara	360	EG
<i>Iguana iguana</i>	X	X	Arborícola	Hervívora	Ovipara	445	EG
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>		X	Arborícola Terrestre	Insectívora	Ovipara	135	G
<i>Aspidoscelis depei</i>		X	Terrestre	Insectívora	Ovipara	183	G
<i>Mabuya brachypoda</i>		X	Fosorial	Insectívora	Vivípara	87	M
<i>Scincella assata</i>		X	Fosorial	Insectívora	Ovipara	53	P

Tabla 1. Hábitat Preferencial, Tipo de Alimentación, Modo de Reproducción, Longitud Hocico-Cloaca y Talla de las especies de serpientes registradas en diferentes estadios sucesionales del BTS y el BM de la región de Chamela, Jalisco.

Serpientes	Pre-Huracán	Post-Huracán	Hábitat preferencial	Tipo de Alimentación	Modo de reproducción	LHC (mm)	Talla
<i>Crotalus basiliscus</i>	X		Terrestre	Carnivora	Vivipara	1397	G
<i>Drymarchon melanurus</i>	X	X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	1938	G
<i>Enulius flavitorques</i>	X		Terrestre	Carnivora	Ovipara	330	P
<i>Hypsiglena torquata</i>	X	X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	460	P
<i>Masticophis mentavarius</i>	X	X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	1585	G
<i>Lampropeltis triangulum</i>	X	X	Terrestre Fosorial	Carnivora	Ovipara	1029	M
<i>Leptodeira maculata</i>	X	X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	673	M
<i>Loxocemus bicolor</i>	X	X	Terrestre Fosorial	Carnivora	Ovipara	1061	M
<i>Leptodeira uribei</i>	X	X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	600	M
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	X	X	Terrestre Arboricola	Carnivora	Ovipara	1304	G
<i>Micrurus distans</i>	X		Terrestre Fosorial	Carnivora	Ovipara	835	M
<i>Boa constrictor</i>	X	X	Terrestre Arboricola	Carnivora	Vivipara	2420	G
<i>Leptophis diplotropis</i>	X	X	Arboricola	Carnivora	Ovipara	1135	M
<i>Salvadora mexicana</i>	X	X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	915	G
<i>Tropidodipsas philippii</i>	X	X	Terrestre Arboricola	Carnivora	Ovipara	533	P
<i>Symphimus leucostomus</i>	X	X	Terrestre	Insectívora	Ovipara	528	P
<i>Tantilla bocourti</i>	X	X	Fosorial	Insectívora	Ovipara	274	P
<i>Tantilla calamarina</i>	X		Fosorial	Insectívora	Ovipara	160	P
<i>Imantodes gemmistratus</i>	X	X	Arboricola	Carnivora	Ovipara	477	M
<i>Oxybelis aeneus</i>	X	X	Arboricola	Carnivora	Ovipara	975	G
<i>Dipsas gaigae</i>	X	X	Arboricola	Carnivora	Ovipara	361	M
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	X		Terrestre	Carnivora	Vivipara	655	M
<i>Pseudoficimia frontalis</i>		X	Terrestre Fosorial	Insectívora	Ovipara	557	M
<i>Manolepis putnami</i>		X	Terrestre	Carnivora	Ovipara	449	P
<i>Leptotyphlops humilis</i>		X	Fosorial	Carnivora	Ovipara	313	P

Aunque al analizar los datos con el análisis de ANCOVA no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de hábitats por categoría sucesional antes y después del huracán para las especies de lagartijas ( $P=0.765$ ) (Fig. 1), ni tampoco para las especies de serpientes ( $P=0.4842$ ) (Fig. 2). En el ensamble de lagartijas, el número de especies por tipo de hábitat preferencial se modificaron con el paso del huracán; antes del paso del huracán las especies de lagartijas terrestres aumentaron conforme la edad de abandono del bosque y post huracán este patrón se perdió, las especies de hábitats terrestres disminuyeron en todas las categorías sucesionales menos en la categoría 8a10 donde aumentaron casi al doble. (Fig. 1).

Las arborícolas fueron muy similares en todas las categorías sucesionales en el pre huracán y con el paso del huracán aumentaron en número, sin

embargo disminuyeron conforme avanzó la sucesión secundaria, siendo la categoría 0a0 la que presentó el mayor número de especies y el BM el menor número de especies con este tipo de hábitat (Fig. 1). Las especies de hábitats fosoriales pre huracán se encontraron en todas las categorías con excepción de la categoría sucesional de 5a6 y con el paso del huracán estuvieron presentes en todas las categorías sucesionales (Fig. 1).

En serpientes los hábitats preferenciales también sufrieron cambios con el paso del huracán, los hábitats terrestres se encontraron en todas las categorías sucesionales pre huracán, la categoría 0a0 presentaba casi el doble de individuos terrestres que todas las categorías, post huracán disminuyeron en todas las categorías sucesionales (Fig. 1). Por otra parte las especies de hábitats arborícolas presentaron mayor número de especies en las categorías 8a10 y el BM en el pre huracán pero con el paso del huracán la riqueza de especies aumentó en todas las categorías sucesionales a excepción de la categoría 0a0 que permaneció igual y el BM que disminuyó (Fig. 1). Las especies con hábitats fosoriales pre huracán solo estuvieron presentes en las categorías 5a6, 15a17 y BM, estas últimas presentaban la mayor cantidad de especies fosoriales, con el paso del huracán los valores son iguales en todas las categorías sucesionales, sin embargo desaparecieron de la categorías 5a6 (Fig. 1).

Aunque tampoco se encontraron diferencias significativas entre el tipo de alimentación de los individuos por categoría sucesional pre y post huracán para el ensamble de lagartijas ( $P= 0.4242$ ), ni para el ensamble de serpientes ( $P= 0.715$ ) el tipo de alimentación vario con después del paso de huracán. Las especies insectívoras se encontraron presentes en todas las categorías sucesionales, a pesar de que la categoría 0a0 presentó un número alto de especies, el número de especies insectívoras del resto de las categorías incrementan con la edad de abandono, después del paso del huracán la riqueza de especies insectívoras aumentó en todas las categorías y la riqueza es similar entre ellas, a excepción de la categoría 8a10 que presentó la menor

riqueza. Las especies de lagartijas omnívoras, pre huracán se encontraron en todas las categorías y el número de especies mayor lo presentó la categoría 15a17, post huracán el número de especies disminuyó en todas las categorías sucesionales y no se encontraron especies omnívoras en la categoría 0a0. Antes del paso del huracán las especies de lagartijas herbívoras solo se encontraron en las categorías 8a10 y 15a17, después del paso del huracán fueron exclusivas de la categoría 5a6. Y finalmente las especies de lagartijas carnívoras pre huracán fueron exclusivas de la categoría 8a10 y no se reportaron en ninguna categoría sucesional post huracán (Fig. 2)

Para las especies de serpientes se analizó a nivel de especialista y generalista y a pesar de que no se encontraron diferencias estadísticas, si hubieron cambios en el número de especies por tipo de alimentación. Las especies especialistas antes del paso del huracán se encontraron en todas las categorías sucesionales, la mayor riqueza de especies especialistas la presentaron las categorías 15a17, 8a10 y el BM después del huracán el número de especies disminuyó en todas las categorías especialmente en las categorías 8a10, 15a17 y BM. Las especies de serpientes generalistas estuvieron presentes en todas las categorías pre huracán, el mayor número de especies se encontró en la categoría 0a0, post huracán el número de especies generalistas aumentó en la mayoría de las categorías sucesionales especialmente en la categoría 8a10, sin embargo la riqueza de especies generalistas en la categoría 0a0 disminuyó (Fig. 2).

Al analizar los datos con el análisis de ANCOVA no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de reproducción por categoría sucesional antes y después del huracán para el ensambles de lagartijas ( $P=0.5709$ ) ni para el ensamble de serpientes ( $P=0.2572$ ). El tipo de reproducción ovípara pre huracán se encontró en todas las categorías sucesionales, la categoría 0a0 presentó uno de los valores más altos de riqueza de especies y en las demás categorías el número de especies ovíparas

aumentó conforme avanza la edad de abandono, con el paso del huracán el número de especies aumento en todas las categorías principalmente en la categoría 8a10 en la cual aumento casi al doble y a excepción del BM que disminuyó. No se encontró ninguna especie de reproducción vivípara pre huracán en ninguna categoría sucesional, post huracán se encontró únicamente una especie en la categoría 0a0 (Fig. 3).

Las especies de serpientes de reproducción ovípara se encontraron en todas las categorías sucesionales pre huracán, el mayor número de especies los presentaron la categoría 0a0 y el BM, post huracán el número de especies disminuyeron en todas las categorías y el mayor número lo presentó la categoría 8a10. Las especies de serpientes de reproducción vivípara, antes del paso del huracán se encontraron en todas las categorías, a excepción de en 5a6, sin embargo después del paso del huracán las especies con este tipo de reproducción solo se encontraron en las categorías 8a10 y 15a17 (Fig. 3)

Aunque en la talla de las especies tampoco se encontraron diferencias significativas entre las tallas de los individuos por categoría sucesional pre y post huracán para las especies de reptiles en general ( $P= 0.3045$ ) ni para las especies de lagartijas ( $P= 0.2687$ ), ni para las serpientes ( $P= 0.2262$ ) (Fig. 4). En lagartijas, el número de especies de talla pequeña, tanto antes como después del huracán, disminuyó conforme avanzó la sucesión secundaria, presentando el mayor número de especies en la categoría 0a0 tanto antes como después del huracán (Fig. 4). En general el número de especies de talla mediana post huracán aumentó en todas las categorías sucesionales, aunque en el pre y post huracán la categoría 8a10 presentó el mayor número de especies (Fig. 4). Las lagartijas de talla grande pre huracán aumentaron con el avance de la sucesión secundaria, pero con el paso del huracán disminuyó el número de especies de talla grande en todas las categorías a excepción de la categoría 8a10 donde incremento, aun así el BM siguió presentando el mayor número de especies de lagartijas de talla grande y el 0a0 el menor número. La talla extra grande se encontraba presente en todas las categorías

antes del paso del huracán, sin embargo con el huracán desaparecieron de la categoría más joven (0a0). Pre huracán la categoría que presentaba el mayor número de especies de tallas EG era la categoría 15a17 y post huracán esta categoría es la que presentó el menor número de especies de talla extra grande y la categoría 5a6 el mayor (Fig. 4).

Las serpientes se clasificaron en tres diferentes talla: pequeña, mediana y grande. Antes del paso del huracán la talla pequeña presentó mayor número de especies en el BM y la categoría con menor número de especies fue la 8a10, con el paso del huracán esta categoría no presentó especies de talla pequeña y las categorías 15a17 y BM presentaron en mayor número de especies de talla pequeña (Fig. 4). La talla mediana pre huracán presentó el mayor número de especies medianas en la categoría 0a0 y BM, post huracán la categoría que presentó el mayor número fue la categoría 8a10 (Fig. 4). Las especies de serpientes de talla grande se encontraron en su mayoría en la categoría 8a10 y 15a17 antes del huracán y con el paso del huracán el patrón siguió siendo el mismo (Fig. 4).

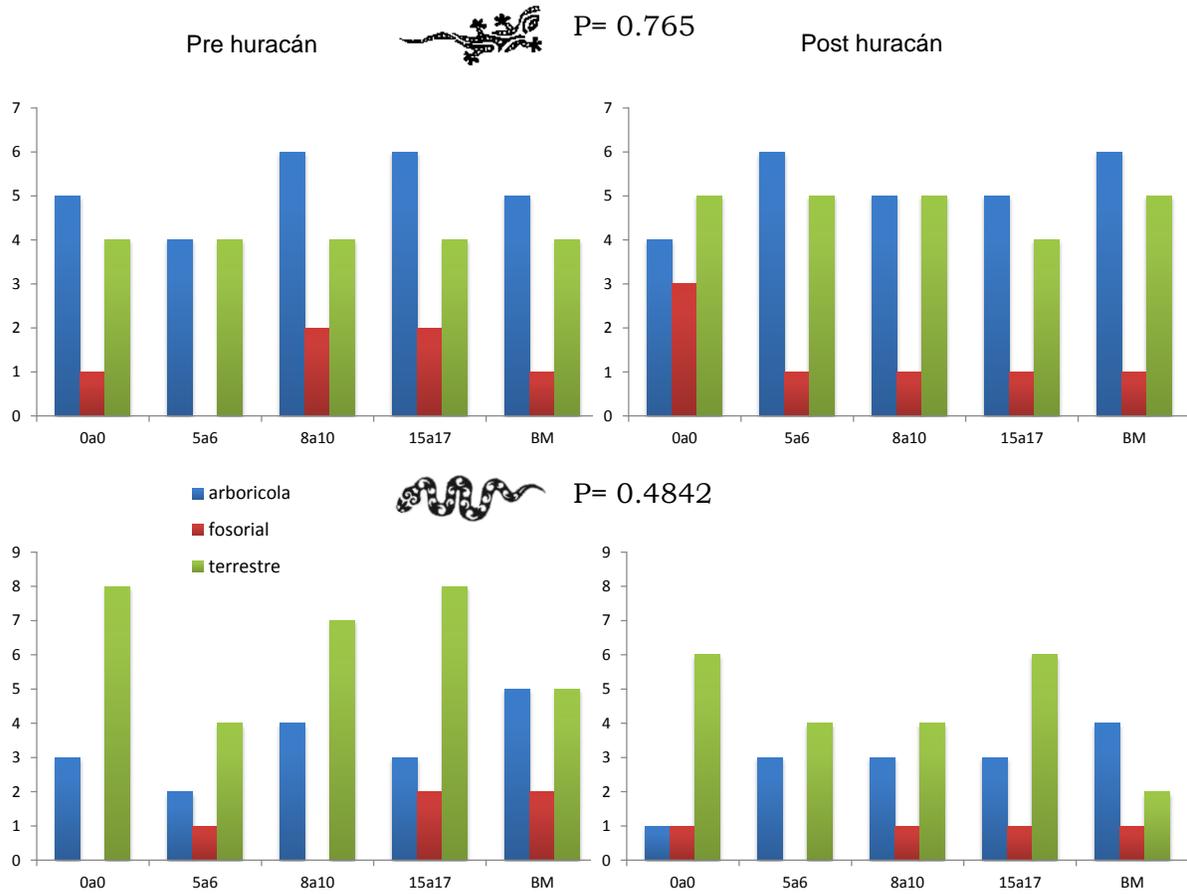


Fig. 1. Hábitat preferencial de especies de lagartijas y serpientes por categoría sucesional pre y post huracán de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 5a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

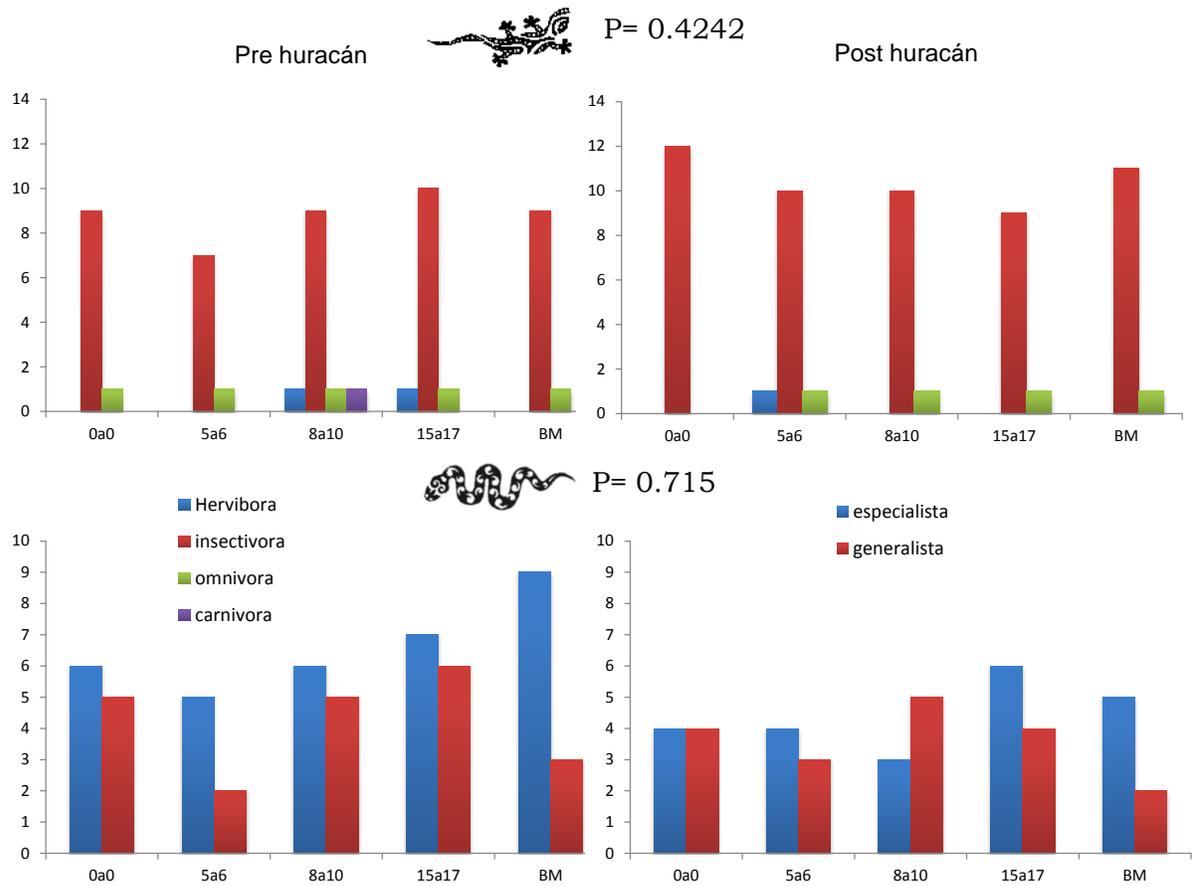


Fig. 2. Tipo de alimentación de especies de lagartijas y serpientes por categoría sucesional pre y post huracán de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 5a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

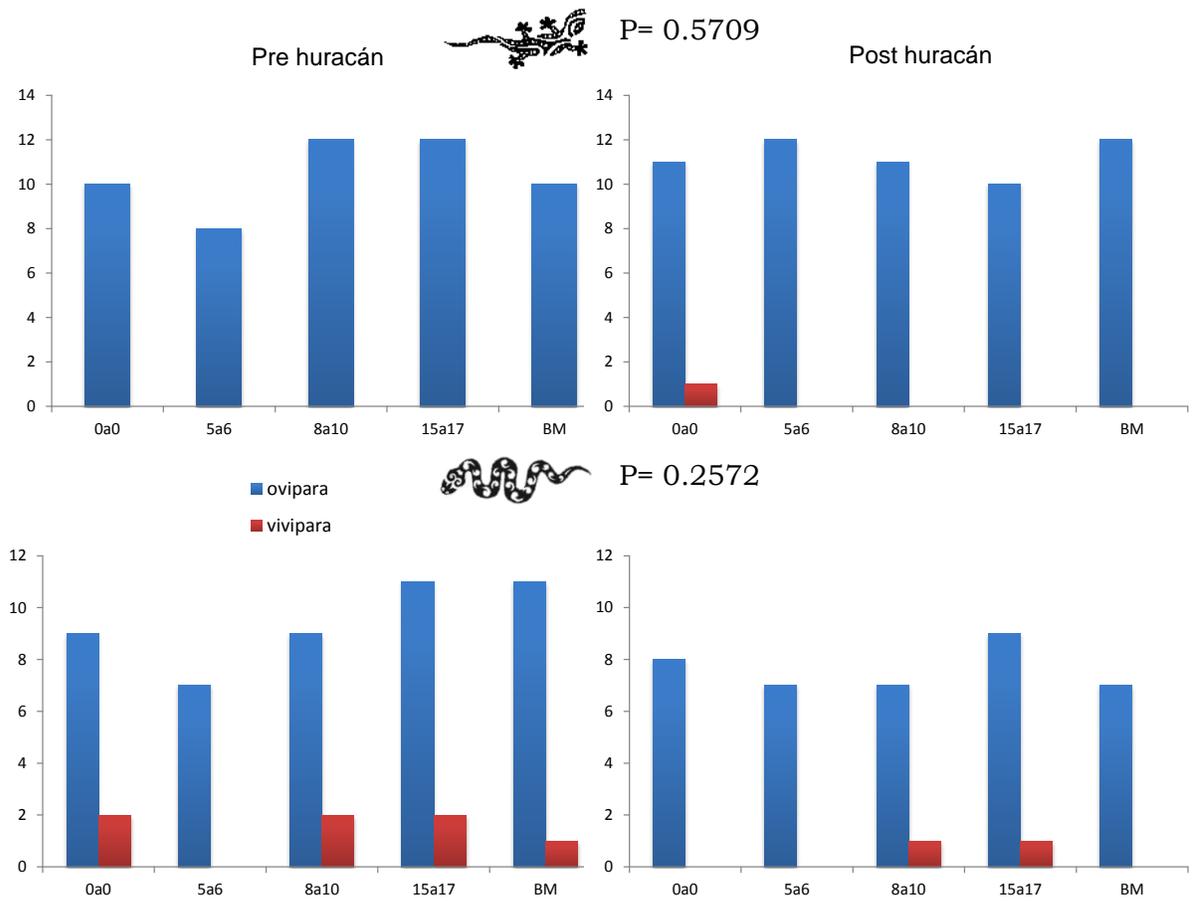


Fig. 3. Tipos de reproducción de especies de lagartijas y serpientes por categoría sucesional pre y post huracán de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 15a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

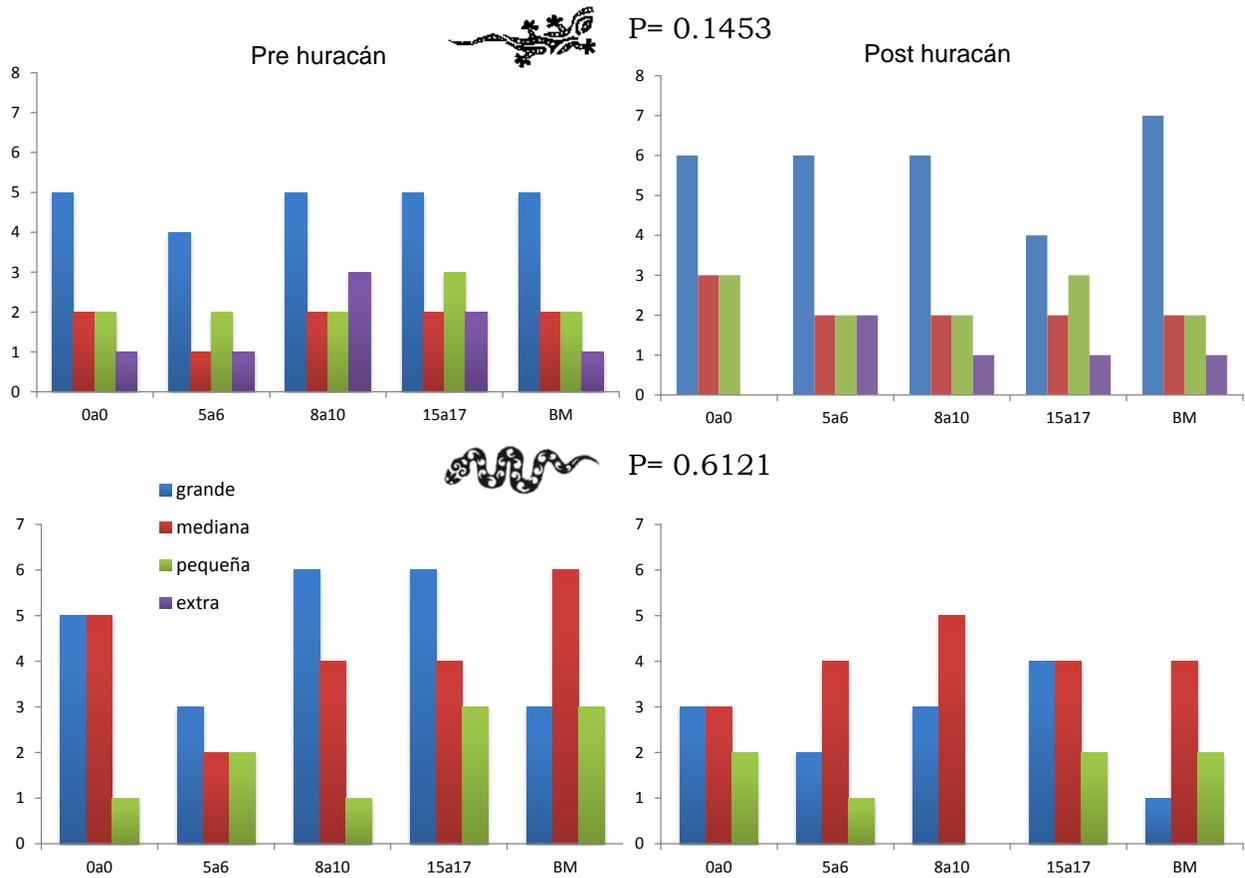


Fig. 4. Tallas de especies de lagartijas y serpientes por categoría sucesional pre y post huracán de la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco. 0a0= estadio sucesional de cero años de edad de abandono, 5a6= estadio sucesional de cinco a seis años de edad de abandono, 8a1= estadio sucesional de ocho a diez de edad de abandono, 5a17= estadio sucesional de quince a diecisiete años de edad de abandono, BM= bosque maduro.

## **VI. Discusión**

A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticas entre las especies de lagartijas que prefieren hábitats terrestres, arborícolas y fosoriales el número de especies con preferencia por cada uno de estos hábitats cambió con el paso del huracán en las diferentes categorías sucesionales. Con el paso del huracán, las especies de hábitats terrestres disminuyeron en abundancia en todas las categorías sucesionales con excepción de la categoría 8 a 10 años. La pérdida de especies terrestres podría deberse a la muerte de los individuos que se encontraron expuestos a los fuertes vientos lo cual ha sido reportado como uno de los principales factores de muerte (Cely 1991, Walker et al. 1991, Wunderle et al. 2004, Goode y Allen 2008), por el otro lado, este patrón contradice lo previamente reportado en otros estudios, ya que de manera general se ha reportado que la acumulación de restos leñosos tiene un efecto positivo sobre algunas especies de reptiles terrestres (Wunderle *et al.* 2004, Goode y Allen 2008) incrementando su abundancia, tal y como sucedió en la categoría 8a10 en donde el número de especies e individuos terrestres aumentó casi al doble (Wunderle *et al.* 2004, Goode y Allen 2008).

Antes del paso del huracán el grupo de las especies arborícolas presentaban valores de riqueza de especies muy similares en todas las categorías sucesionales, pero con el paso del huracán la categoría 0a0 presentó el mayor número de especies y disminuyó conforme avanzó la sucesión secundaria, siendo el BM el que presentó el menor número de especies arborícolas. De acuerdo con Reagan (1991) con el paso de los huracanes los árboles pierden la cobertura vegetal y por lo tanto el hábitat de estas especies, lo cual puede explicar el efecto negativo sobre este grupo en particular, en los estadios más avanzados de regeneración.

Las especies de hábitats fosoriales pre huracán se encontraron en todas las categorías con excepción de la categoría sucesional de 5a6, con el paso del huracán estuvieron presentes en todas las categorías sucesionales y

en proporciones similares, lo cual indica que este grupo no fue afectado con el huracán, esto puede deberse a que su condición fosorial les permitió evitar el efecto de los fuertes vientos (Reagan 1991, Walker et al. 1991).

Las serpientes también sufrieron cambios en el uso del hábitat con el paso del huracán. Antes del paso del huracán la categoría 0a0 presentaba casi el doble de especies terrestres en comparación con el resto de las categorías, con el paso del huracán, la riqueza de las especies terrestre disminuyó en todas las categorías sucesionales, es posible que esta disminución de individuos terrestres se deba a que según algunos autores las especies terrestres disminuyen con la perturbación (Urbina-Cardona y Reynoso 2005), además de que es posible que estas especies hayan sucumbido a los fuertes vientos y las inundaciones provocadas por el huracán, tal y como se ha reportado para otros huracanes (Reagan 1991, Walker et al. 1991).

Antes del paso del huracán las especies de serpientes de hábitats arborícolas presentaron mayor riqueza en las categorías 8a10 y el BM, en el caso del bosque maduro, es de esperarse esta respuesta, ya que una mayor cobertura de dosel proporciona hábitats más adecuados para especies con este tipo de hábitat (Urbina-Cardona y Reynoso 2005). Con el paso del huracán el número de especies arborícolas aumentó en todas las categorías sucesionales, pero en el BM disminuyeron, lo cual era de esperarse, ya que posiblemente haya disminuido la cobertura vegetal que servía como refugio, lugares para alimentarse, etc. para las especies de serpientes lo cual generó un efecto negativo sobre este grupo (Whigham et al. 1991).

Las especies de serpientes con hábitats fosoriales antes del paso del huracán solo se encontraban en tres categorías sucesionales y con el paso del huracán se encontraron en todas las categorías sucesionales a excepción de la categoría 5a6, el aumento en la distribución de las especies de este grupo en las categorías puede deberse a que durante el huracán estas especies podrían estar refugiadas y por lo tanto estas especies hayan sido menos afectadas; además es posible que después del paso del huracán se

generaran restos leñosos los cuales fueran usados por sus presas como refugio y lugares para alimentarse, beneficiando así las poblaciones de estos grupos (Greenberg 2001, Nicoletto 2013)

Antes del paso del huracán las lagartijas de talla pequeña se encontraron en todas las categorías sucesionales, con el mayor número de especies en la categoría 0a0 y con una disminución gradual conforme el avance de la sucesión secundaria, tras el paso del huracán se mantuvo el mismo patrón, pero con un aumento en el número de especies pequeños. Es posible que el huracán tuviese un efecto positivo sobre este grupo, especialmente por la presencia de algunas especies oportunistas como *Anolis nebulosus* el cual claramente se benefició con el huracán (Reagan 1991).

El grupo de lagartijas de talla medianas presentó un número de especies similar en todas las categorías sucesionales antes del paso del huracán. Después del huracán, las categorías 8a10 y 15a17 tuvieron el mayor número de especies de talla mediana. Antes del paso del huracán las lagartijas de talla grande aumentaron con la sucesión, después del huracán los valores fueron similares entre todas las categorías, sin embargo el BM presentó el mayor número de especies, esto concuerda con otros estudios donde se reporta que las especies de tallas grandes se encuentran en mayor proporción en los sitios conservados (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Las lagartijas de talla extra-grande antes del paso del huracán se encontraron en todas las categorías sucesionales, después del paso del huracán el número de especies fue similar en todas las categorías sucesionales, pero la categoría 5a6 presentó la mayor riqueza de lagartijas extra-grandes, mientras que la categoría 0a0 no presentó ninguna especie extra-grande, esto contradice lo reportado por otros estudios en los que se dice que las especies de talla grande prefiere hábitats conservados, posiblemente debido a que las especies reportadas para estas categorías (*Igunana iguana* y *Ctenosaura pectinata*) son consideradas especies de zonas perturbadas (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Las especies de serpientes de talla pequeña presentaron la misma riqueza en todas las categorías sucesionales antes del paso del huracán aunque la categoría 8a10 presentó la riqueza más baja, después del paso del huracán desaparecieron de esta categoría y la riqueza disminuyó en todas en todas las categorías, de acuerdo con Urbina-Cardona y Reynoso (2005) las especies de tallas pequeñas son más sensibles a la perturbación, esto puede explicar por qué las especies de talla pequeña disminuyeron con el huracán e incluso desaparecieron de una categoría.

Por otro lado, en el pre huracán el número de especies de serpientes de talla mediana fue similar entre las diferentes categorías sucesionales y con el paso del huracán las categorías 8a10 y 0a0 presentaron la mayor riqueza. De acuerdo con Urbina-Cardona y Reynoso (2005) las especies de reptiles de talla mediana dominan en los potreros lo que coincide con el resultado encontrado en la categoría 0a0, mientras que la categoría 8a10 podría considerarse de perturbación intermedia y coincidir con los bordes reportados por el mismo Urbina-Cardona y Reynoso (2005) en los que las tallas medianas también dominan.

Por último la categoría de 8a10 presentó el mayor número de serpientes de talla grande tanto antes como después del huracán y como se ha explicado, las especies de talla grande pueden verse favorecidas por el disturbio intermedio, además de que por ser especies de talla grande son más tolerantes a la exposición solar (Reagan 1991, Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

El número de especies de lagartijas ovíparas aumentó con el paso del huracán principalmente en la categoría 8a10, esto concuerda con otros estudios en los que se sugiere que las especies de reproducción ovípara dominan en sitios con perturbación intermedia (Urbina-Cardona 2005). Antes del huracán no se registró ninguna lagartija vivípara y en el post huracán únicamente se registró una especie vivípara en la 0a0, este patrón

contradice lo reportado por Urbina-Cardona y Reynoso (2005) los cuales registran especies vivíparas tanto en sitios conservados como perturbados con mayor abundancia de este grupo de especies en el BM.

Al igual que las especies de lagartijas, con el paso del huracán las especies de serpientes de reproducción ovípara presentaron el mayor número de especies en la categoría 8a10, como se había mencionado esto concuerda con estudios que sugieren que las especies con este tipo de reproducción se encuentran en mayor proporción en zonas perturbadas (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

La reproducción vivípara antes del paso del huracán se encontró en todas las categorías a excepción de la categoría 5a6, pero con el paso del huracán solo se encontraron especies vivíparas en las categorías 15a17 y 8a10, lo que concuerda con el patrón encontrado por otros estudios que reportan mayor proporción de especies vivípara en zonas conservadas (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Las lagartijas insectívoras estuvieron presentes en todas las categorías sucesionales antes del paso del huracán, después del paso del huracán el número de especies insectívoras incrementó en todas las categorías, esto sugiere que el huracán afecto de manera positiva a las especies insectívoras, lo cual concuerda con otros estudios en los que se ha demostrado que las especies insectívoras aumentan después del paso de los huracanes (Forys y Allen 2002).

De acuerdo con Forys y Allen (2002) las especies omnívoras terrestres y omnívoras arborícolas aumentan tras la perturbación por huracanes, este patrón no se observó en la categoría 0a0 ya que desaparecieron de esta categoría. Después del paso del huracán las especies herbívoras fueron exclusivas de la categoría 5a6, concordando con un estudio realizado por Forys y Allen (2002) en el cual el número de especies herbívoras terrestres aumentaron con la perturbación por huracanes, de igual manera en esta

categoría (5a6) las especies terrestres presentaron los valores más altos de riqueza.

Y finalmente las especies carnívoras (no insectívoras) pre huracán fueron exclusivas de la categoría 8a10 y no se reportaron post huracán, varios autores consideran que las especies con este tipo de alimentación están pobremente representadas en los diferentes hábitats, además de que son muy sensibles a las perturbaciones (Forys y Allen 2002).

Antes del paso del huracán, las especies de serpientes con dieta especialista se encontraron en todas las categorías sucesionales, el mayor número de serpientes especialistas se encontró en el BM y 15a17 esto concordando con varios autores que aseguran que las especies especialistas se encuentran principalmente en el bosque viejo (Parry et al. 2007, Suazo-Ortuño et al. 2008); lo cual puede explicar por qué con el paso del huracán las especies especialistas disminuyeron en todas las categorías especialmente en las categorías 15a17 y BM.

Una especie generalista presenta mayor adaptación a los cambios en su hábitat, ya que al presentar diferentes grupos taxonómicos dentro de su dieta no son menos susceptibles a los cambios en las abundancias de sus presas, es por esto que el número de especies de serpientes generalistas aumentó en la mayoría de las categorías con el paso del huracán, ya que probablemente la acumulación de restos leñosos afecto positivamente el número de sus presas (Nicoletto 2013).

Al igual que el estudio realizado por Forys y Allen (2002), en este estudio no se encontraron diferencias estadísticas que puedan probar una pérdida o aumento del número de grupos funcionales con el paso del huracán por categoría sucesional, esto debido a que existen numerosas especies “redundantes” en la comunidad de reptiles en cada categoría sucesional. Algunos autores sugieren que la presencia de grupos funcionales con muchas especies redundantes (>6 especies por grupo funcional) confiere al

ecosistema resiliencia a disturbios y por lo tanto pueden conservar la diversidad del ecosistema (Naeem y Li 1997, Forsy y Allen 2002, Martínez 2008). Es por esto que tal vez los grupos funcionales de reptiles de la región de Chamela-Jalisco no se vieron modificados aparentemente con el paso del huracán Jova.

## VII. Literatura citada

- Barnett A. J., K. Finlay, B. E. Beisner. 2007. Functional diversity of crustacean zooplankton communities: towards a trait-based classification. *Freshw Biol.* (52): 796–813.
- Bihn J. H., G. Gebauer y R. Brandl. 2010. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology.* 92 (3): 782-792.
- Biswas S. R. y A. U. Mallik. 2010. Disturbance effects on species diversity and functional diversity in riparian and upland plant communities. *Ecology.* 91 (1): 28-35.
- Biswas S. R. y A. U. Mallik. 2011. Species diversity and functional diversity relationship varies with disturbance intensity. *Ecosphere* 2(4):art52. doi:10.1890/ES10-00206.1
- Blaum N., E. Mosner y M. Schwager. 2011. How functional is functional? Ecological groupings in terrestrial animal ecology: towards an animal functional type approach Niels. *Biodivers Conserv.* (20): 2333-2345.
- Ceballos, G. 1995. Vertebrate diversity, ecology and conservation in Neotropical dry forest. Cambridge University press, Cambridge, United Kingdom. 195-207.
- Chapin F. S. III y G. R. Shaver. 1985. Individualistic Growth Response of Tundra Plant Species to Environmental Manipulations in the Field. *Ecology* (66): 564.

- Chapin F. S., B. H. Walker, R. J. Hobbs, D. U. Hooper, J. H. Lawton, O. E. Sala y D. Tilman. 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science*. (277): 500-504.
- Forys E. A. y C.R. Allen. 2002. Functional Group Change within and across Scales following Invasions and Extinctions in the Everglades Ecosystem. Nebraska Cooperative Fish & Wildlife Research Unit. *Ecosystems*. (5): 339-347.
- Leps J., V. K. Brown, T. A. Diaz Len, D. Gormsen, K. Hedlund, J. Kailová, G. W. Korthals, S. R. Mortimer, C. Rodriguez-Barrueco, J. Roy, I. Santa Regina, C. Van Dijk y W. H. Van Der Putten. (2001), Separating the chance effect from other diversity effects in the functioning of plant communities. *Oikos*. (92): 123-134.
- Martínez-Ramos M. 2008. Grupos funcionales en Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. pp. (I): 365-412.
- Mayfield M. M., S. P. Bonser, J.W. Morgan, I. Aubin, S. McNamara y P. A. Vesk. 2010. What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. *Global Ecology and Biogeography* (19):423- 431.
- Naeem S. y S. Li 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* (390): 507-509.
- Parry L., J Barlow, y A. Peres. 2007. Large-vertebrate assemblages of primary and secondary forest in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*. 23: 653-662.

Petchey O. L. y K, J. Gaston. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, (5): 402–411. doi: 10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x

Tilman D. y J. A. Downing. 1994. Biodiversity and stability in grassland. *Nature* (367): 363-365.

Tilman D., J. Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie y E. Siemann. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277:1300–1302.

Tilman D. 2001. Functional diversity. *Encyclopedia of biodiversity*, Academic Press, San Diego, California, USA. Vol 3: 109-120.

Turner I.M. y R. T. Corlett. 1996. The conservation value of small isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 330-333.

Walker B. H. 1992. Biodiversity and Ecological redundancy. *Conservation biology*. 6 (1): 18-23.

## VIII. DISCUSIÓN GENERAL

Para los bosques secundarios de la región de Chamela, Jalisco se registraron 13 de las 14 especies de lagartijas reportadas antes del paso del huracán, además de que se reportaron 4 especies más, es posible que los nuevos registros de lagartijas puedan deberse a la acumulación de restos leñosos así como al incremento de luz solar debido a la caída de árboles con el paso del huracán, ya que uno de los efectos de los huracanes es el aumento en la heterogeneidad de hábitats, lo que conlleva a un incremento de recursos y espacio vital para los reptiles (Reagan 1991, Woolbright 1991, Nicoletto 2013). Como por ejemplo la especie de *M. unimarginata* la cual se considera una especie que se ve favorecida por la perturbación del hábitat, al igual que otras especie de este género (Suazo-Ortuño et al. 2008). Este aumento en la heterogeneidad de hábitats y recursos también favoreció a algunas especies de serpientes, las cuales a pesar de que son normalmente menos abundantes que otros reptiles y a que es difícil su captura en campo (Rugiero y Luiselli 1996) se reportaron tres especies nuevas con el paso del huracán, (Reagan 1991, Wunderle *et al.* 2004, Nicoletto 2013).

Sin embargo también desaparecieron especies de lagartijas y serpientes con el paso del huracán, como la lagartija de *Heloderma horrodum*, esta especie es considerada una especie sensible a la perturbación (Suazo-Ortuño et al. 2008), de las cinco especies de serpientes que desaparecieron tras el paso dos de ellas son consideradas sensibles a las perturbaciones, como lo son las especies *Crotalus basiliscus* y *Micrurus distans* (Suazo-Ortuño et al. 2008).

A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de abundancia de las especies de lagartijas, las abundancias tendieron a aumentar con el paso del huracán, lo cual indica que para la mayoría de las especies de lagartijas el efecto del huracán fue positivo, especialmente para algunas especies como *Anolis nebulosus* y *Sceloporus utiformis*. Esto se debe a que algunas lagartijas del género *Anolis* son

consideradas oportunistas ante las perturbaciones como los huracanes (Reagan 1991) y los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con esto, ya que la abundancia de *A. nebulosus* tras el paso del huracán casi se triplicó con respecto a la abundancia pre huracán (240 vs 676). Este aumento en la abundancia concuerda con resultados de otros estudios como el de Nicoletto (2013), el cual reporta que el huracán Rita tuvo un efecto positivo en la herpetofauna ya que las abundancias de las especies aumentaron considerablemente. Además de presentar abundancias altas estas dos especies de lagartijas fueron las dominantes en todas las categorías sucesionales contradiciendo lo reportado por otros autores los cuales aseguran que con el paso de un huracán la dominancia de especies disminuye (Schriever *et al.* 2009). Sin embargo la abundancia de algunas especies disminuyó con el paso del huracán, como la especie *Holcosus undulatus* la cual es considerada una especie especialista de bosques maduros, esta especie se vio aparentemente afectada negativamente con el paso del huracán (Hofer *et al.* 2000, Suazo-Ortuño *et al.* 2008).

Por otra parte la abundancia de especies de serpientes disminuyó en todas las categorías sucesionales con el paso del huracán, aunque las diferencias estadísticas fueron marginales ( $P= 0.0602$ ). Esto podría explicarse debido a que la mayoría de las especies de serpientes no son capaces de sobrellevar los cambios que generan los huracanes en su hábitat, como la pérdida abrupta de cobertura del dosel, la cual genera mayores fluctuaciones en la temperatura, además de un aumento en la intensidad de la luz y en la evapotranspiración (Sousa 1984, Webb *et al.* 2005).

La composición de especies de lagartijas por categoría sucesional casi no fue modificada con el paso del huracán a excepción de la categoría 15a17 ( $P= 0.0017$ ) y el BM ( $P=0.0557$ ), la mayoría de las especies que desaparecieron de alguna categoría son arborícolas como *Iguana iguana*, *Ctenosaura pectinata*, etc., estos resultados son esperables ya que tras el paso del huracán la mayoría de los árboles mueren o sufren algún tipo de daño

(Greenberg 2001 y Sherman *et al.* 2001), de la misma manera, la mayoría de las especies que aparecieron como nuevas en casi todas las categorías son especies terrestres como *A. deppei*, *S. assatta* y *M. unimarginata*, esto podría deberse a que con el paso del huracán se generan restos leñosos que aumentan la disponibilidad de recursos, así mismo aumenta significativamente la heterogeneidad de los hábitats beneficiando a las especies de herpetofauna (Greenberg 2001, Nicoletto 2013).

La composición de especies de serpientes por el contrario sufrió cambios mayores en cada una de las categorías sucesionales, al menos la mitad de las especies sufrieron un recambio por categoría, este recambio incrementó conforme la edad de abandono siendo el BM el que presentó el mayor recambio de especies y la única categoría que presentó diferencias significativas en cuanto a su composición de especies ( $P= 0.0438$ ). La mayoría de las especies que sufrieron ese recambio con el paso del huracán son arborícolas y la mayoría de las especies que se reportaron tras el paso del huracán son terrestres y fosoriales, posiblemente debido a sus hábitos estas especies pudieron sobrellevar el daño provocado por el huracán (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

El número de especies de lagartijas y serpientes de hábitats terrestres con el paso del huracán disminuyeron en todas las categorías sucesionales, debido a la muerte de los individuos que, con el paso del huracán, se encontraron expuestos a los fuertes vientos y lluvias provocadas por el huracán, esto ha sido reportado en otros estudios como uno de los principales factores en la muerte de los individuos (Reagan 1991, Walker *et al.* 1991), por otra parte en el caso de las especies de lagartijas la categoría 8a10 aumentó casi al doble su riqueza de especies terrestres, esto concuerda con lo reportado por Urbina-Cardona y Reynoso (2005) los cuales encontraron un mayor número de especies de reptiles terrestres en zonas perturbadas, esto posiblemente se deba a la acumulación de restos leñosos, los cuales tienen un efecto positivo

sobre algunas especies de reptiles (Wunderle et al. 2004, Goode y Allen 2008).

Por otro lado el número de especies de lagartijas y serpientes arborícolas disminuyeron con el paso del huracán, especialmente en el BM, lo cual era de lógico ya que al tener mayor cobertura dosel es un hábitat adecuado para especies con este tipo de hábitat (Urbina-Cardona y Reynoso 2005) y con el paso del huracán al disminuir la cobertura vegetal que servía como refugio, lugares para alimentarse y termoregularse, etc. para las especies de lagartijas y serpientes, esto generó un efecto negativo sobre este grupo (Reagan 1991).

Las especies de lagartijas y serpientes de hábitats fosoriales pre huracán se encontraban en 4 de las 5 categorías sucesionales en el caso de las lagartijas y en 3 de las 5 categorías en el caso de las serpientes y con el paso del huracán se reportaron en todas las categorías en ambos grupos, a excepción de la categoría 5a6 en el caso de las serpientes, lo cual indica que este grupo no fue afectado con el huracán, el aumento en la distribución de las especies de este grupo en las categorías puede deberse a que al ser fosoriales durante el huracán estas especies podrían estar refugiadas y por lo tanto estas especies hayan sido menos afectadas por los fuertes vientos y lluvias provocadas por el huracán; además es posible que después del paso del huracán se generaran restos leñosos los cuales fueran usados por sus presas como de refugio y lugares para alimentarse, beneficiando así las poblaciones de estos grupos (Reagan 1991, Walker et al. 1991).

Los grupos de lagartijas y serpientes de tallas pequeñas se encontraron presentes en todas las categorías sucesionales antes del paso del huracán, sin embargo respondieron de diferente manera al paso del huracán, por una parte el número de especies de las lagartijas aumentaron, posiblemente por la presencia de algunas especies oportunistas las cuales se beneficiaron con el huracán (Reagan 1991); por otro lado el número de especies de serpientes de talla pequeña disminuyó en todas las categorías sucesionales y

desaparecieron de una categoría (8a10), de acuerdo con Urbina-Cardona y Reynoso (2005) las especies de reptiles de tallas pequeñas son más sensibles a la perturbación.

El número de especies medianas de lagartijas y serpientes antes del paso del huracán era similar entre las 5 categorías, después del huracán el mayor número de especies lo presentó la categoría 8a10, concordando con otros estudios que sugieren que las especies de talla mediana se encuentran en mayor proporción en hábitats perturbados (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Antes del paso del huracán el número de especies de lagartijas de talla grande aumentaban con la sucesión y después del huracán el número de especies fue similar todas las categorías sucesionales, sin embargo el BM presentó la mayor riqueza de especies, esto concuerda con otros estudios donde se reporta que las especies de tallas grandes se encuentran en mayor proporción en los sitios conservados (Urbina-Cardona y Reynoso 2005). Por otro lado las especies de serpientes de talla grande presentaron el mayor número de especies en la categoría 8a10 pre y post huracán, esto se debe a que posiblemente las especies de talla grande (eg. anfibios) se encuentran mayormente adecuadas a hábitats perturbados debido a que son especies más tolerantes a las grandes exposiciones de sol y humedades bajas, además de que debido a su tamaño son menos propensas a la depredación (Reagan 1991, Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

Solo se identificó talla extra grande para las especies de lagartijas, las cuales se encontraron en todas las categorías sucesionales pre huracán y post huracán, a excepción de la categoría 0a0 post huracán, esto contradice lo reportado por un estudio realizado por Urbina-Cardona y Reynoso (2005) en el cual las especies de talla grande prefirieron hábitats conservados, esto posiblemente debido a que la especies reportadas para esta categorías son consideradas especies de zonas perturbadas (*Iguana iguana* y *Ctenosaura pectinata*).

Las especies de lagartijas y serpientes de reproducción ovípara pre huracán se encontraron en todas las categorías sucesionales, y post huracán presentaron la mayor riqueza de especies en la categoría 8a10, lo cual concuerda con otros estudios en los que se sugiere que las especies de reproducción ovípara se encuentran en mayor proporción en zonas perturbadas (Urbina-Cardona y Reynoso 2005).

El tipo de reproducción vivípara fue diferente en los ensambles de lagartijas y serpientes, por un lado en lagartijas antes del paso del huracán no se encontró en ninguna categoría sucesional, y post huracán se encontró únicamente en la categoría 0a0, este patrón contradice lo reportado por Urbina-Cardona y Reynoso (2005) los cuales reportaron especies de reproducción vivípara de manera similar en zonas perturbadas y zonas conservadas, aunque las zonas conservadas presentaron mayores valores, por otro lado las especies de serpientes si concuerdan con este estudio ya que con el paso del huracán solo se encontraron especies vivíparas en las categorías 15a17 y 8a10, aunque el mayor número de especies se encontró en la categoría más avanzada (15a17).

Las especies de lagartijas se evaluaron por tipo de alimentación en insectívoras, omnívoras, herbívoras y carnívoras. Las especies insectívoras antes del paso del huracán se encontraron presentes en todas las categorías sucesionales, con el paso del huracán el número de especies aumentó en todas las categorías, esto sugiere que el huracán afecto de manera positiva a las especies insectívoras, lo cual concuerda con otros estudios en los que se ha demostrado que el número de especies insectívoras aumentan con las perturbaciones (Forys y Allen 2002).

Por otro lado el número de especies omnívoras disminuyeron con el paso del huracán en todas las categorías sucesionales y no se encontraron en la categoría 0a0, esto contradice lo reportado por Forys y Allen (2002) el cual dice que las especies omnívoras terrestres y omnívoras arborícolas aumentan sus abundancias tras la perturbación a pesar de que de igual

manera todas las categorías sucesionales que presentan especies omnívoras presentan especies terrestres y arborícolas.

Tras el paso del huracán las especies herbívoras fueron exclusivas de la categoría 5a6, concordando con otro estudio en el cual las especies herbívoras terrestres aumentaron con la perturbación, de igual manera en esta categoría (5a6) las especies terrestres presentan parte de los valores más altos post huracán (Forys y Allen 2002).

Por otro lado las especies de tipo de alimentación carnívora pre huracán fueron exclusivas de la categoría 8a10 y no se reportaron post huracán, lo cual era de esperarse ya que varios autores consideran que las especies con este tipo de alimentación se encuentran menos representadas en los hábitats, además de presentar abundancias muy bajas y ser consideradas son muy sensibles a las perturbaciones (Forys y Allen 2002).

Las especies de serpientes se agruparon en especies especialistas y generalistas según su tipo de alimentación. Las especies especialistas de serpientes antes del paso del presentaron el mayor número de especies en el BM y 15a17 esto concordando con Parry et al. (2007) el cual encontró que las especies especialistas se encuentran principalmente en el bosque viejo, esto explica por qué con el paso del huracán el número de especies especialistas disminuyeron en todas las categorías especialmente en las categorías 15a17 y BM.

Y finalmente las especies generalistas, las cuales aumentaron con el paso del huracán, probablemente se deba a que presentan mayor adaptación a los cambios en su hábitat ya que al alimentarse de diferentes grupos taxonómicos no son tan susceptibles a los cambios en las abundancias de sus presas y es posible que la acumulación de restos leñosos haya afectado positivamente a sus presas como serian varias lagartijas y ranas (Nicoletto 2013).

## IX. Literatura citada

- Forys E. A. y C.R. Allen. 2002. Functional Group Change within and across Scales following Invasions and Extinctions in the Everglades Ecosystem. Nebraska Cooperative Fish & Wildlife Research Unit. Ecosystems. (5): 339-347.
- Goode L. K. y M. F. Allen. 2008. The impacts of hurricane Wilma on the Epiphytes of El Eden ecological reserve, Quintana Roo, Mexico. Journal of the Torrey Botanical Society, Vol. 135 (3): 377-387.
- Greenberg C. H. 2001. Response of reptile and amphibian communities to canopy gaps created by wind disturbance in the southern Appalachians. Forest Ecology and Management. (148): 135-144.
- Hofer U., L. F. Bersier y D. Borcard. 2000. Ecotones and gradients as determinants of herpetofaunal community structure in the primary forest of Mount Kupe, Cameroon. Journal of Tropical Ecology 16: 517-533.
- Nicoletto P. F. 2013. Effects of hurricane Rita on the herpetofauna of Village Creek Satate Park, Hardin County, Texas. The Southwestern Naturalist. 58 (1): 64-69.
- Parry L., J Barlow, y A. Peres. 2007. Large-vertebrate assemblages of primary and secondary forest in the Brazilian Amazon. Journal of Tropical Ecology. (23): 653-662.
- Reagan D. P. 1991. The response of *Anolis* lizards to hurricane-induced habitat changes in a Puerto Rican rain forest. Biotropica 23 (4): 468-474.

- Schriever T. A., J. Ramspott, B. I. Crother y C. L. Fontenot. 2009. Effects of Hurricanes Ivan, Katrina, and Rita on a Southeastern Louisiana Herpetofauna. *Bioone*. 29 (1): 112-122.
- Sherman E. R., J., Fahey y P. Martínez. 2001. Hurricane impacts on a mangrove forest in the Dominican Republic: damage patterns and early recovery. *Biotropica* 33(3): 393-408.
- Sousa W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* (15): 353-391.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz, y M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblage. *Conservation Biology* 22:362-374.
- Urbina-Cardona J.N. y V.H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Pp. 191-207. *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. (4): 191-207.
- Walker, I. R., N. V. L. Brokaw, D. J. Lodge y R. B. Waide. 1991. Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* (23): 313-521.
- Webb J. K., R. Shine y R. M. Pringle. 2005. Canopy removal restores habitat quality for an endangered snake in a fire suppressed landscape. *Copeia*. 894-900.
- Woolbright L. L. 1991. The impact of hurricane Hugo on forest frogs in Puerto Rico. *Biotropica*. Part A. Special Issue: Ecosystem, plant and animal responses to hurricanes in the caribbean. 23 (4): 462-467.

Wunderle J. M., J. E. Mercado, B. Parresol y E. Terranova. 2004. Spatial Ecology of Puerto Rican Boas (*Epicrates inornatus*) in a Hurricane Impacted Forest. *Biotropica* 36 (34): 555-571.