



EFFECTOS DEL HURACÁN DEÁN SOBRE VALORES DASOMÉTRICOS DE LAS ESPECIES TROPICALES *Manilkara zapota (L.) Van Royen,* *Metopium brownei (Jacq.)* y *Pouteria reticulata* EN EL EJIDO NOH-BEC QUINTANA ROO (1998- 2014).

**Trabajo de Titulación que presentan el C.
ANGEL JESUS CASTILLO AVILA**

**Para obtener el Título de Ingeniero forestal de acuerdo a
la Titulación Integral
(Tesis)**

Juan Sarabia, Quintana Roo Junio 2023



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El presente trabajo recepcional titulado: **EFFECTOS DEL HURACÁN DEÁN SOBRE VALORES DASOMÉTRICOS DE LAS ESPECIES TROPICALES *Manilkara zapota (L.) Van Royen, Metopium brownei (Jacq.) y Pouteria reticulata* EN EL EJIDO NOH-BEC QUINTANA ROO (1998-2014)**. Realizado por el C. **ANGEL JESUS CASTILLO AVILA**, bajo la dirección del Comité indicado y con apego al esquema de Titulación Integral (**Tesis**), ha sido aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el Título de **INGENIERO FORESTAL**.

A T E N T A M E N T E

COMITÉ DE REVISIÓN PARA TITULACIÓN

Presidente



Dr. Ismael Pat Aké

Secretario



Biol. Saúl Cruz Mora

Vocal



Ing. Gustavo Martínez Ferral

Juan Sarabia, Quintana Roo junio 2023

AGRADECIMIENTO

A dios por permitirme llegar a culminar esta parte importante de vida.

A mi madre quien me apoya en todo momento de mi vida y que sin ella no sería posible estar donde me encuentro.

A mi esposa por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.

A mis hermanos quienes siempre me motivaron a seguir.

A él Dr. Ismael Pat Aké por su apoyo incondicional y su amistad durante mi formación académica.

Al INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA por permitir su espacio para mi formación académica

Al Biol. Saúl Cruz Mora y Ing. Gustavo Martínez Ferral por su apoyo durante mi formación académica.

Al ejido Noh-Bec por permitirme trabajar en su localidad

A mis compañeros Juan, Gustavo, Denis, Yesenia, Héctor, Ricardo, Néstor, José y Gerardo por su amistad, compañerismo y ayuda durante toda la carrera.

DEDICATORIA

A mi madre Elvia Ávila Dzib porque sin ella no fuera posible llegar ser lo que soy porque sin su ayuda el camino no fuera tan fácil por sus consejos, amor, paciencia, desvelos por ser la mejor madre que dios me pudo a ver dado

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1 Como se forman los huracanes y en donde (zonas ciclónicas).	6
2.2 Efectos de huracanes sobre las selvas tropicales.....	7
2.3 Efectos de los huracanes sobre selvas bajo manejo forestal.....	8
2.4 Manejo policiclico (sistema celos) en selvas bajo manejo forestal.....	9
2.5 Efectos de los huracanes sobre selvas bajo forestal en Quintana Roo.....	11
2.6 Variables estructurales de importancia en el manejo de selvas.....	11
2.7 Metodologías para el estudio de los efectos de huracanes sobre selvas	13
2.8 Ecología y distribución de las especies estudiadas	14
III. OBJETIVOS	18
3.1 General.....	18
3.2 Específicos	18
IV. HIPÓTESIS	19
V. MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1 Localización del área de estudio	20
5.2 Descripción del área de estudio	21
5.3 Método del estudio.....	22
5.4 Procedimiento General	22
5.5 Diseño de muestreo	23
5.6 Variables medidas.....	24
5.7 Captura de información en base de datos	24
5.8 Análisis e interpretación de resultados	24
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25

6.1 Daños sobre poblaciones de <i>Manilkara zapota</i> , <i>Metopium brownei</i> y <i>Pouteria reticulata</i> en Noh-Bec Quintana Roo	25
6.2 Cambios en la estructura de las tres especies en Noh-Bec Quintana Roo...	34
VII. CONCLUSIONES	40
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
IX.ANEXOS	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución poblacional de <i>Manilkara zapota</i> , <i>Metopium brownei</i> y <i>Pouteria reticulata</i> en las selvas bajo manejo forestal de Noh-Bec Quintana Roo.	26
Cuadro 2. Cambios influidos por el huracán Deán sobre variables de <i>Manilkara zapota</i> , <i>Metopium brownei</i> y <i>Pouteria reticulata</i> en las selvas de Noh-Bec Quintana Roo (1998-2014).	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución poblacional de <i>Manilkara zapota</i> , <i>Metopium brownei</i> y <i>Pouteria reticulata</i> a nivel Mesoamérica.	15
Figura 2. Ubicación del área de estudio en el ejido Noh-Bec Quintana Roo México. Elaboración propia adaptación del mapa (CONABIO 2008).....	20
Figura 3. Ubicación de las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) en el ejido Noh-Bec Quintana Roo. elaboración propia adaptación del mapa (CONABIO 2008).	23
Figura 4. Distribución poblacional de las especies <i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen, <i>Metopium brownei</i> (Jacq.) y <i>Pouteria reticulata</i> , (PMP) respecto a la totalidad de árboles registrados en Noh-Bec.	27
Figura 5. Diferentes enfoques de análisis de daños sobre las poblaciones naturales de <i>Manilkara zapota</i> , <i>Metopium brownei</i> y <i>Pouteria reticulata</i> . A) Porcentaje total de individuos con daños (TICD) y porcentaje total de individuos sin daños (TISD) de las tres especies. B) Porcentaje de individuos dañados por tipo de daño, correspondiente a las tres especies. C) Individuos dañados por tipo de daños de las tres especies. Tipos de daños: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayos a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado, TICD = total de árboles con daño y TISD = total de árboles sin daños.....	29
Figura 6. Tipos y magnitud de daños originados por el huracán Deán sobre <i>Manilkara zapota</i> en el ejido de Noh-Bec Quintana Roo (Tipos de daños: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayos a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado.	30
Figura 7. Clasificación de daños originados por el huracán Deán sobre <i>Metopim brownei</i> en el ejido Noh-Bec Quintana Roo. Los tipos de daños registrados fueron: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayos a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado.	31
Figura 8. Clasificación de daños originados por el huracán Deán sobre <i>Pouteria reticulata</i> en el ejido Noh-Bec Quintana Roo. Los tipos de daños registrados fueron: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayos a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado.....	33
Figura 9. Cambios en las principales variables estructurales de <i>Manilkara zapota</i> , <i>Metopium brownei</i> y <i>Pouteria reticulata</i> en Noh-Bec Quintana Roo durante el periodo 1998-2014, por efectos del huracán Deán (2007).	37

Figura 10. Cambios generados por el huracan Dean en las variables estructurales de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*, en las selvas de Noh-Bec Quintana Roo, durante el periodo 1998—2014. Nomenclatura: Los años corresponden a tres barras por especie de izquierda a derecha: 1998, 2010, 2014..... 39

RESUMEN

La región del Caribe que incluye la Península de Yucatán, es impactada continuamente por huracanes; por lo que es uno de los agentes de disturbio más importantes en las selvas de Quintana Roo. El incremento de la frecuencia y magnitud de estos fenómenos es causa de preocupación, lo que ha motivado estudios que aporten información para el diseño de políticas de minimización de daños; esta tesis profesional caracteriza los tipos de daños y los cambios estructurales en el tiempo, originados por el huracán Deán sobre las especies maderables comerciales *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*, en una selva manejada de Quintana Roo. El estudio fue de carácter observacional, retrospectivo parcial y comparativo; recurrió a información dasométrica generada en Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) antes del huracán (1998); mide los efectos directos y posterior al huracán (2010, 2014), para finalmente comparar los valores estructurales y determinar los cambios en un periodo de 16 años. Los resultados obtenidos indican que el 62% de los individuos de las tres especies resultaron con algún tipo de daño, de una clasificación de siete tipos (leves a severos); mientras que un 38 % no tuvo ningún tipo de daño; los daños más frecuentes fueron decapitación y caída de árboles. En cuanto a cambios en la estructura de las especies, la densidad poblacional, diámetros y volúmenes no resultaron severamente afectados durante el primer periodo de tiempo (1998-2010), con un descenso ligero de sus valores en el segundo periodo de tiempo (2010-2014). Mientras que las dos variables estructurales que resintieron inmediatamente el impacto del huracán fueron las alturas y el área basimétrica que se redujeron radicalmente en el primer periodo (1998-2010), para empezar a recuperarse en el segundo periodo (2010-2014).

Palabras clave: daños, huracanes, selvas, estructura, parcelas.

ABSTRACT

The Caribbean region, which includes the Yucatan Peninsula, is continually impacted by hurricanes; for what is one of the most important agents of disturbance in the jungles of Quintana Roo. The increase in the frequency and magnitude of these phenomena is cause for concern, which has motivated studies that provide information for the design of damage minimization policies; this professional thesis characterizes the types of Damage and structural changes over time caused by Hurricane Dean on commercial timber species *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* and *Pouteria reticulata*, in a managed forest in Quintana Roo. The study was of an observational, partial retrospective and comparative nature; resorted to dasometric information generated in Permanent Sampling Plots (PPM) before the hurricane (1998); it measures the direct effects and after the hurricane (2010, 2014), to finally compare the structural values and determine the changes in a period of 16 years. The results obtained indicate that 62% of the individuals of the three species suffered some type of damage, from a classification of seven types (mild to severe); while 38% did not have any type of damage; the most frequent damages were decapitation and falling trees. Regarding changes in the structure of the species, the population density, diameters and volumes were not severely affected during the first period of time (1998-2010), with a slight decrease in their values in the second period of time (2010-2014). While the two structural variables that immediately suffered the impact of the hurricane were the heights and the basal area that were radically reduced in the first period (1998-2010), to begin to recover in the second period (2010-2014). with a slight decrease in their values in the second period of time (2010-2014). While the two structural variables that immediately suffered the impact of the hurricane were the heights and the basal area that were radically reduced in the first period (1998-2010), to begin to recover in the second period (2010-2014). with a slight decrease in their values in the second period of time (2010-2014). While the two structural variables that immediately suffered the impact of the hurricane were the heights and the basal area that were radically reduced in the first period (1998-2010), to begin to recover in the second period (2010-2014).

Keywords: damage, hurricanes, selvas, structure, plot

I. INTRODUCCIÓN

Por las características particulares de su geografía, el territorio de México está expuesto a una gran variedad de fenómenos naturales, como huracanes, tormentas tropicales, inundaciones, sequías, incendios forestales, deslizamientos de suelos, terremotos y erupciones volcánicas, que llegan a convertirse en desastres cuando causan daño a las poblaciones humanas y afectan su economía e infraestructura (Cenapred, 2001).

El probable aumento en los desastres causados por fenómenos naturales implicará cada vez mayores costos socioeconómicos para México (Charvériat 2000; Bitrán Bitrán 2001). Esto también puede provocar efectos negativos para la conservación biológica en un país mega diverso como México y otros países de la región (Mittermeier *et al.*, 1997).

Las perturbaciones naturales son eventos que ocurren de manera relativamente discreta en el tiempo y modifican el estado, el ambiente físico o la estructura de un ecosistema, comunidad o población, reiniciando procesos de regeneración y sucesión (Pickett y White, 1985). Generalmente, el efecto de las perturbaciones en la dinámica de los ecosistemas se ve de forma negativa porque existe una percepción popular, ampliamente difundida pero equivocada, de que los ecosistemas naturales o “bien conservados” se encuentran en una situación estable que ocasionalmente alteran las perturbaciones, lo que hace necesario poner en práctica medidas de prevención o remediación para minimizar los daños que estas causan. Tales ideas se basan en la noción del equilibrio ecológico, fuertemente arraigada en el pensamiento conservacionista (Pickett *et al.*, 1997) e incluso en ordenamientos legales, como la ley ambiental mexicana.

El estudio de los efectos del huracán sobre las selvas bajo manejo forestal de Noh-Bec Quintana Roo, es una necesidad biológica, económica y social si se analiza desde las perspectivas de conservación de la biodiversidad, función ecológica, desarrollo silvícola y función socioeconómica. Las selvas del corredor biológico Sian Ka'an - Calakmul, entre las cuales se ubican las de Noh-Bec en Quintana Roo, forman parte de los últimos relictos de grandes extensiones de selvas tropicales del Sureste de México, distribuidos en Quintana Roo y Campeche. A nivel Península de Yucatán Díaz-Gallegos *et al.* (2008),

reportaban en estos años la sobrevivencia de un promedio de nueve millones de hectáreas de selvas, de las cuales más de cinco tenían manejo forestal, que a la fecha actual habrá disminuido en un 20% y aumentado el porcentaje de superficies de selvas bajo manejo forestal.

Por su diversidad biológica y cultural, estos ecosistemas son considerados patrimonio biológico de la humanidad; razón por la cual forman parte de proyectos y programas de conservación que trascienden las fronteras de México, como el Corredor Biológico Mesoamericano, las ANP's y las selvas manejadas, que se han constituido en los últimos años en una de las modalidades de conservación más importantes de selvas tropicales. Las selvas bajo manejo cumplen importantes funciones de productividad (productos y servicios ecológicos), que contribuyen al sustento de los grupos sociales que viven en estas selvas (Zúñiga *et al.*, 2002; Barton y Merino, 2004; Bray, 2007; Elizondo y López, 2009).

Las áreas forestales de Quintana Roo, además de que conservan gran parte de la biodiversidad en sus diferentes microrregiones como Noh-Bec, funcionan como un corredor biológico que comunica las ANP's del Norte (*Ría Lagartos, Yum Balam, Otoch Ma'Ax Yetel Kooh*), con las del Centro y Sur de la Península de Yucatán (*Uaymil, Bala'an Ka'ax, Sian Ka'an, El Manatí y Calakmul*), ejerciendo de esta manera funciones determinantes para la conservación de la diversidad biológica de la región (Bray *et al.*, 2007b; SEMARNAT/CONANP, 2009). Cumplen también importantes funciones ecológicas como la fijación del carbono, la regulación del microclima y la protección del sistema hidrológico de la región (Barton *et al.*, 2003; Bray *et al.*, 2007a).

Sin embargo, en las últimas décadas estos ecosistemas han sido objeto de procesos deterioro, como efecto de las acciones humanas en la región (deforestación, urbanización, turismo, poblamiento, construcción de vías de comunicación, etc.), que se suman las perturbaciones naturales ocasionadas por fenómenos naturales como los huracanes del Caribe (Islebe *et al.*, 2012).

Uno de los agentes de disturbio más frecuentes e importantes en los bosques tropicales son los huracanes, los cuales pueden alterar, en poco tiempo, la estructura y la dinámica de las comunidades y de las poblaciones vegetales y animales que en ellos habitan, así como diversos procesos de los ecosistemas (Pickett y White, 1985; Lugo, 2000). Los huracanes son comunes en todo el Caribe, a menudo causan grandes disturbios en las selvas. El Caribe, la Región Peninsular Yucateca, el Sureste de México y algunos países Centroamericanos forman un área que ha sido afectado por los huracanes en el tiempo. El huracán más fuerte jamás registrado en el Caribe (huracán Gilbert) ocurrió en la Subregión Maya Peninsular (Whigham *et al.*, 1991). Varios estudios han descrito desde diferentes enfoques los impactos de huracanes sobre las selvas tropicales en general, en su mayoría han sido realizados en áreas protegidas o selvas bajo diferentes modalidades de conservación. Muy pocos se han realizado en selvas bajo manejo forestal, por lo que la información sobre sus efectos en especies forestales es muy escasa. Siendo una necesidad para el manejo forestal, conocer el comportamiento de las variables poblacionales y dasométricas de estas especies forestales ante y post-huracán (Islebe *et al.*, 2012).

De los pocos estudios que analizan el impacto de huracanes en áreas bajo manejo forestal, están el de Rivas *et al.* (1999), que analizan los daños causados por el huracán “Mitch” en rodales intervenidos y no intervenidos de la Costa Norte de Honduras. En Quintana Roo México, Navarro *et al.* (2013), estudió los daños ocasionados por el huracán “Deán”, sobre especies arbóreas del área bajo manejo forestal. El presente estudio aborda los efectos del huracán “Deán” sobre los variables dasométricas de las especies maderables duras como *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, *Metopium brownei* (Jacq.) y *Pouteria reticulata.*, en una selva bajo forestal en Noh-Bec Quintana Roo.

II. ANTECEDENTES

Los bosques tropicales actúan como barreras que reducen la velocidad de los vientos, resultando como protectores de los cultivos, centros urbanos y demás actividades humanas (Lamprecht, 1990). Mientras que actúan como amortiguadores de las fuertes lluvias, reduciendo junto al mantillo la pérdida de suelo por goteo y escorrentía superficial. El impacto que sufren los bosques ante estos eventos puede ser devastador, interrumpiendo la dinámica misma del bosque, o bien puede ser insignificante para la estructura y composición florística. Esto depende de la intensidad de los vientos, la intensidad de precipitación, el avance del ciclón, la topografía y las características del bosque (altura de los árboles, claros, especies, estadio del bosque, entre otras) (Tanner et al., 1991).

Los disturbios que producen los huracanes afectan la dinámica del bosque, ya que aumentan las tasas de mortalidad, reclutamiento y regeneración, lo que conduce a una posible modificación en la estructura y composición (Vester y Olmsted, 2000). También se ven alterados los procesos de distribución, acumulación y descomposición de la biomasa sobre el suelo, por ende, se da una modificación en el ciclo de los nutrientes (Harmon, Whigham, Sexton, y Olmsted, 1995). Los efectos vistos de manera individual dependen según Harcombe, Mann & Elsik (2009) de varios factores como: la arquitectura y la altura del árbol, la profundidad y tipo de raíces, densidad de la madera y la adaptación de la especie a este tipo de eventos.

También es determinante si la especie es pionera o no, ya que se ha observado que las especies pioneras de sucesiones tempranas son más susceptibles a los daños. El camino que sigue un bosque después del paso de un huracán depende de la intensidad y la distribución de los vientos, de la duración y la frecuencia de los eventos. Los claros generados por las combinaciones de las características anteriores influyen en la regeneración, por ejemplo, en claros grandes las especies pioneras herbáceas, arbóreas, bejucos y lianas logran dominar estas áreas (heliófitas), mientras que en claros pequeños

se da el crecimiento lateral y de los individuos ya establecidos que cierran rápidamente la apertura del dosel (Everham y Brokaw, 1996).

Según Whitmore & Burslem (1998) después de un huracán la regeneración siempre sigue el curso de una sucesión secundaria, donde colonizan las especies pioneras para gradualmente dar paso a las tolerantes a la sombra y buscar características similares a las que ocurrían antes de la perturbación. Cuando se trata de grandes áreas afectadas normalmente se sigue el modelo de parches de regeneración, donde se genera un mosaico heterogéneo de vegetación pionera (heliófita) en la matriz de vegetación primaria (Turner, Baker, Peterson, y Peet, 1998).

Granzow et al. (1997) mencionan también la “regeneración directa” como mecanismo de recuperación de los bosques, en donde las áreas boscosas no quedan cubiertas de vegetación secundaria, sino más bien, se da una recuperación rápida por parte de las especies primarias. Si bien existe una vegetación secundaria, esta se da por un corto tiempo, y luego la capacidad de rebrotar y las plántulas ya establecidas de algunas especies primarias que encuentran el espacio para prosperar dentro del bosque.

Además del tamaño de los claros, otros factores que determina la presencia o ausencia de las especies en las aperturas de dosel se encuentran: los individuos sobrevivientes, el banco semillero, la proximidad de las fuentes semilleras y la capacidad de producir rebrotes (Turner et al., 1998). Con tantos factores de variación es de esperar entonces, que en el mismo bosque se lleven a cabo varios patrones de regeneración. El tipo de daño que sufren los árboles también influye en la regeneración, por ejemplo, cuando los árboles son arrancados de raíz se benefician las pioneras, ya que una determinada área de suelo queda expuesta y sin competencia inicial. También se debe tomar en cuenta a los dispersores de semillas, que probablemente se movilizan a zonas menos perturbadas en busca de mayores fuentes de alimentación (Everham y Brokaw, 1996).

Sousa (1984) menciona a este tipo de disturbios como una oportunidad para que otras especies o poblaciones puedan ocupar las áreas que las especies abundantes han

ocupado en el bosque. Esto sin duda permitiría que la diversidad de los bosques tropicales se mantenga a lo largo del tiempo, por lo tanto, estos eventos se pueden considerar como parte de la dinámica natural de los bosques.

Por otra parte, si analizamos el manejo forestal en selvas en la Península de Yucatán que han sido afectados por huracanes en el tiempo, encontramos la existencia de avances sustanciales obtenidos con la aplicación del modelo de manejo silvícola desde el año de 1980; las cuales han conducido a estas áreas forestales en los últimos 30 años como principal fuente de productos que satisfacen las necesidades e ingresos económicos de más de 32,000 familias que viven en los ejidos y comunidades de la región; por ejemplo, Noh-Bec, es considerado un ejido modelo en el manejo silvícola de selvas tropicales. Estas áreas forestales proveen a las poblaciones humanas de leña, madera para viviendas y muebles, plantas medicinales y frutos alimenticios; parte de estos productos (principalmente la madera) son comercializados en los mercados nacionales e internacionales (Barton y Merino, 2004; Bray, 2007; Bray *et al.*, 2007b; Ríos-Cortes *et al.*, 2012).

2.1 Como se forman los huracanes y en donde (zonas ciclónicas).

Según Díaz (2010), el Ciclón tropical es el nombre que reciben en general la depresión tropical, tormenta tropical o huracán, según sea su magnitud, la cual se caracteriza por formarse en aguas oceánicas cercanas al ecuador, y tener una circulación superficial bien definida y organizada alrededor de un centro de baja presión atmosférica, girando en el hemisferio norte en sentido contrario al de las manecillas del reloj. Se manifiestan por intensos vientos cambiantes de dirección, oleajes, altas mareas y lluvias torrenciales. Para que se genere un ciclón tropical es necesario que se conjunten varias características, tanto oceánicas como atmosféricas, por lo cual tienden a formarse en zonas limitadas llamadas ciclo génicas.

La mayor parte de los ciclones tropicales del Pacífico tienen su origen en las cercanías del Golfo de Tehuantepec (Reyes y Mejía-Trejo, 1991) quien es citado por Díaz (2010); mientras que los del Atlántico generalmente lo hacen en la Sonda de Campeche o Caribe

Oriental, aunque algunos ciclones tropicales que afectan a México se originan en el Atlántico, más al sur y separados de la costa (Díaz, 2010). Sin embargo, debido a la circulación atmosférica y oceánica, la trayectoria tiende a ser hacia el oeste, forzando a los ciclones tropicales a dirigirse hacia áreas continentales. Para el Pacífico mexicano, tanto las condiciones oceánicas como las atmosféricas tienden a inhibir su desplazamiento hacia el continente (Díaz, 2010). Dependiendo del mes, sin embargo, varios de estos meteoros se desplazan, tocando tierra en las costas mexicanas. Algunos llegan a penetrar al Golfo de California, llegando a sentirse sus efectos inclusive en el suroeste de los EEUU (Martínez-Gutiérrez y Mayer, 2004). En el caso del Atlántico, pese a que la tendencia de los ciclones tropicales sea a desplazarse al oeste, es decir hacia tierras mexicanas, la forma del Golfo de México deja más expuestos los estados de la Península de Yucatán y la Florida al impacto de estos meteoros.

2.2 Efectos de huracanes sobre las selvas tropicales

En un estudio realizado en Puerto Rico por Domínguez et al. (2005), denominado “Efectos del huracán Georges en el crecimiento de árboles en un bosque secundario en el interior de Puerto Rico”. Se estudió la magnitud y variación de las tasas de crecimiento de los árboles del bosque, como efecto del paso del huracán. Los resultados del estudio fueron comparados con otros estudios en la misma isla, para tratar de identificar la función de las perturbaciones en la resiliencia de los bosques secundarios nuevos de Puerto Rico (sensu Lugo y Helmer, 2004). En otros estudios como el de Popper et al. (1999), Domínguez et al., 2005 y Lugo et al. (2005), se describen los métodos y técnicas para realizar estudios en bosques afectados por huracanes; en los que se miden e identifican todas las especies (árboles) en rodales de 50 X 20 m (1030 m²), se registran los diámetros (dap 1.3 m) y alturas mediante cinta diamétrica. Estas mediciones incluyeron los árboles del sotobosque (dap ≥ 2 cm y < 4 cm) y los árboles del dosel (dap ≥ 4 cm); algunos de los resultados de estos estudios indican crecimiento en el área basal de 2.2 m²/ha año antes del huracán y de 2.5 m²/ha año, después del huracán, lo que aparentemente indica aceleración del crecimiento como efecto del huracán.

Por otra parte, en un estudio realizado por Moore y Gillieson (2008), en el norte de Queensland Australia se realizó el monitoreo de daños de la selva como efecto del huracán Larry, combinando técnicas de teledetección y registros de campo se documentaron de manera precisa la magnitud de las perturbaciones al dosel; estas perturbaciones afectan la estructura y la dinámica de los ecosistemas de selva tropical, tal como lo reportan Elmqvist et al. (1994); Laurance (1997) y Ostertag et al. (2005). En otros estudios, la vegetación costera tropical, cerca de la costa norte de Queensland Australia ha sido modelado por las frecuentes perturbaciones ciclónicas (Webb, 1958). Así, varios estudios han documentado el papel de los huracanes en la reducción de la altura del dosel, el área basal y el aumento de las densidades poblacionales de las selvas tropicales de las tierras bajas (De Gouvenain y Silander, 2003; Quigley y Platt, 2003).

Para evaluar la regeneración que desencadenan los huracanes, Vandermeer., et al (1990), realizó un estudio en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana (1988); los resultados demostraron que las perturbaciones de huracanes desencadenan múltiples vías de regeneración que denominó “regeneración directa”, que se compone de regeneración sexual por semillas y asexual desarrollo de brotes y rebrotes en un 90% de los individuos afectados; los cuales al ser múltiples propician la recuperación rápida de la selva afectada.

2.3 Efectos de los huracanes sobre selvas bajo manejo forestal

Algunos de los estudios en este aspecto son los de Rivas et al. (1999), que se denominó “*Daños causados por el huracán “Mitch” en rodales intervenidos y no intervenidos del manejo forestal*”; que se realizó en la Costa Norte de Honduras posterior al impacto del huracán “Mich”, en el departamento de Atlántida. Para la cual se seleccionaron tres sitios en las áreas de manejo integral (AMI); en cada uno de los sitios se seleccionó un área de bosque intervenido (sometida a aprovechamiento) y un área de bosque natural (sin aprovechamiento); el estudio concluye que los daños fueron mayores en los bosques intervenidos y menor en los bosques no intervenidos, así mismo se determinó que los vientos huracanados se asocian con las perturbaciones del manejo forestal magnificando la formación de claros con la caída y descope de árboles grandes; estos bosques están

adaptados a disturbios de esta magnitud y se recuperarán de los daños, siempre y cuando se logre evitar incendios forestales y el cambio de uso de la tierra.

Otros estudios realizados en selvas medianas subperennifolias bajo manejo forestal fueron realizados en México por Navarro-Martínez *et al.* (2014) en el ejido X-Hazil y por Pat-Aké *et al.* (2018) en el ejido Noh-Bec, ambos ejidos forestales cercanos y contiguos, ubicados en la zona centro de Quintana Roo; estos estudios evaluaron los efectos del impacto del huracán “Deán” (afecto en 2007), en parcelas ubicadas en los rodales bajo ordenamiento forestal; los resultados encontrados muestran efectos contrastantes; mientras que en los rodales bajo manejo forestal de X-Hazil, las perturbaciones fueron leves y superficiales, en los rodales de Noh-Bec las perturbaciones fueron agudas tendientes a catastróficas; los análisis realizados indican que las diferencias radican en una mayor intensidad de aprovechamientos maderables en Noh-Bec, que se traduce en mayor cantidad de claros generados por el aprovechamiento forestal; los cuales permitieron que los vientos huracanados tengan mayor penetración en las partes bajas de las selvas, lo que se tradujo en mayores daños (caída de árboles, descopados, etc.). En este sentido las perturbaciones del manejo forestal magnifican los efectos de los huracanes en función a la intensidad del aprovechamiento forestal, tal como ha sido reportado en varios estudios (Ramírez *et al.* 2012).

2.4 Manejo policíclico (sistema celos) en selvas bajo manejo forestal

El manejo de las selvas tropicales ha sido una tendencia en los últimos cuarenta años (1980-2020), como una de las estrategias de protección; dada la aceleración de su degradación y cambios de usos de suelos que están presentado en muchas regiones del mundo. Son muchas experiencias que se han llevado a cabo en materia de manejo de bosques tropicales y trabajos silviculturales, algunos se aplicaron en los bosques de dipterocarpáceas en el suroeste de Asia, bosque tropical de África y en los bosques tropicales de Surinam (Chaveri, 1992).

Un ejemplo del manejo del bosque tropical bajo el método de selección y entresaca se presenta en Surinam desde 1950, cuyas experiencias prácticas contribuyeron al

desarrollo del sistema silvicultural CELOS (CMS) entre 1970 y 1980. Que es un sistema policíclico, que consiste en una ordenación inicial de la selva para su intervención paulatina; tiene como finalidad estimular el crecimiento de los árboles de tamaño mediano y grandes de los bosques intervenidos selectivamente para disminuir la competencia de tal manera que el bosque se pueda intervenir cada 20 o 25 años; a la vez que incentiva el crecimiento y reclutamiento de árboles pequeños de valor comercial para asegurar un rendimiento sostenido en el futuro. La gestión moderna de la selva tropical, cuando apunta a la producción sostenible de madera de alta calidad, se basa generalmente en baja intervención impacto, recolección selectiva individual, extracción maderable de grandes tallos de especies valiosas, y tiempo suficiente de recuperación después de la intervención, lo que permite la recuperación de los bosques; a los cuales se suman conjuntos de criterios e indicadores de manejo silvícola orientados a la búsqueda de la sostenibilidad (Waagmeester, 1996).

Las operaciones de la CMS indicados anteriormente son sólo una parte del proceso: la mayor parte del trabajo es realizado por la propia naturaleza. El sistema depende en gran medida de los procesos ecológicos tales como la descomposición de los residuos del bosque, la dispersión de semillas y la polinización y es crucial que las intervenciones humanas no ponen en peligro estos procesos críticos. En otras palabras, los organismos que participan en estos procesos deben ser preservados. Como el conocimiento científico hasta la fecha es insuficiente para determinar qué especies son esenciales, esto sólo puede lograrse mediante el mantenimiento de un alto nivel de biodiversidad (De Graaf, 1986; Jonkers, 1987).

El manejo de las selvas de Quintana Roo, bajo el sistema CELOS, es realizado desde la década de los 80's del siglo pasado; generando experiencias que han enriquecido el modelo, convirtiendo a Quintana Roo en líder en la región en el manejo de la selva tropical; sumando un promedio de 700,000 hectáreas de selvas que tienen manejo forestal bajo el sistema silvícola CELOS, no obstante se precisa mejorar varios aspectos del sistema, como son sus efectos en los procesos de regeneración (Ellis et al. 2017; Hernandez-Gomez, 2019).

2.5 Efectos de los huracanes sobre selvas bajo forestal en Quintana Roo

En Quintana Roo, la estación de lluvias coincide con la temporada de huracanes en el océano atlántico, por lo que muchos huracanes destructivos golpean las costas de Quintana Roo, se ha observado una especial incidencia entre agosto y octubre, como ocurrió con Gilberto, Emily y Wilma (Sánchez-Sánchez, 2007). Son numerosos los huracanes que han impactado en la región, pero para las selvas bajo manejo podemos mencionar el de Navarro et al. (2012), que tuvo como objetivo principal evaluar los efectos del huracán Deán (2007) sobre la estructura y composición de especies arbóreas del ejido X-Hazil Quintana Roo. Los resultados obtenidos indican que a pesar de la magnitud del huracán Deán en el área de estudio, la composición y diversidad del bosque no resultaron fuertemente afectados.

En otro estudio realizado por Islebe et al. (2012), reportan que el huracán Deán (2007) causó daños severos sobre la infraestructura y la diversidad de especies de la selva mediana subperennifolia y el manglar. Los daños caracterizados muestran árboles desenraizados, defoliados o sin copa. Mientras que los manglares fueron severamente dañados con defoliación del 100%, sin embargo, la mortalidad de *Rhizophora mangle* se estimó en menos del 2%. La selva mediana fue completamente defoliada, pero después de un mes del huracán Deán la foliación era de 80%. Las especies de clases diamétricas entre 20-30 cm fueron las más dañadas con una reducción en el área basal de 10 a 15%. Daños catastróficos similares fueron registrados en el norte de Quintana Roo por Olmsted et al. (1990) y Sánchez-Sánchez & Islebe (1999) después del daño causado por el huracán Gilberto, que afectó la zona norte de Quintana Roo en 1988.

2.6 Variables estructurales de importancia en el manejo de selvas

La investigación forestal ha permitido desarrollar métodos precisos y fiables para describir los bosques y selvas tropicales, así como los árboles que los constituyen y para predecir su dinámica futura, a partir del manejo forestal. La estructura, composición y la diversidad son, junto con la densidad, las principales características de los bosques manejados. La riqueza de especies, hace referencia a la cantidad de especies presentes en el rodal y se

suele caracterizar mediante el empleo de índices como el definido por Shannon y Weaver (1949).

De acuerdo con Gadow et al (2007), la estructura de un bosque hace referencia a la distribución de las principales características arbóreas en el espacio, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión (tamaños); la riqueza de dimensiones se suele caracterizar mediante la distribución de alturas (h), diámetro (d), área basal (g), de volumen (v), de longitud de copa (lc) o de superficie lateral de la copa (sc); los cuales describen la estructura vertical y horizontal de un bosque o rodal. La descripción de la estructura de los rodales es más complicada a medida que aumenta la diversidad estructural, que viene determinada por tanto por la diversidad de especies como por la diferencia de tamaños entre individuos.

A menudo se emplea el término abundancia (a) como el valor de la frecuencia absoluta (fa) del número de árboles de una especie. Por otro lado, el área basimétrica (G) es una variable dasométrica que aporta información no solo de la frecuencia de los árboles sino también de la dimensión de los mismos. Por esta razón, también se suele emplear el término dominancia (D) para referirse al valor del área bisimétrica absoluta de una especie en un bosque diverso, como el de las selvas manejadas. El producto de la abundancia y dominancia relativa de una especie es lo que se conoce como importancia de la especie, que se mide con el índice de valor de importancia (IVI) (Lamprecht, 1986).

El concepto de estructura hace referencia a la distribución y el orden de los elementos de un sistema. Por tanto, la estructura forestal debe describir la distribución y orden de los atributos del árbol dentro de un rodal y para ello no basta con caracterizar las dimensiones de los árboles o la presencia de diferentes especies, sino que también es necesario tener en cuenta la distribución en el espacio de tales características. Por esta razón, para la descripción completa de la estructura de un rodal es necesario emplear tres grupos diferentes de variables o índices que tengan en cuenta las especies presentes, sus dimensiones y su distribución sobre el terreno, así como sus cambios en el tiempo (Gadow et al., 2007).

2.7 Metodologías para el estudio de los efectos de huracanes sobre selvas

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversas metodologías y técnicas para el estudio del efecto de los huracanes sobre los bosques y selvas tropicales, especialmente en la zona del caribe, donde se han realizado gran cantidad de estudios en los últimos 30 años; en Quintana Roo, los estudios sobre los impactos de huracanes se inician desde la década de los 90's del siglo pasado, con el estudio que realizó Whigham, Cano & Harmon (1991), denominado "The impact of hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula". En este estudio caracterizan el impacto del huracán "Gilberto" en la zona norte de Quintana Roo (1988), clasificado como uno de los huracanes más devastadores que ha afectado Quintana Roo; para esto establecieron una muestra de 20 parcelas de 40 x 40 m (1.6 has), para registrar todos los individuos de todas especies arbóreas > a 10 cm de diámetro, además de los daños recibidos. Lo novedoso en este estudio es el registro de daños a la avifauna a partir de una técnica de observaciones directas a evidencias de paso. Este estudio es considerado actualmente como uno de los clásicos del tema, obligado a su consulta cuando se realizan estudios sobre vegetación afectada por huracanes.

En otros estudios realizados más adelante, Sánchez & Islebe (1999) e Islebe et al. (2009), recomiendan establecer seis (6) parcelas de 600 m², orientadas en dirección al este, distribuidos a lo largo de la zona de mayor impacto del huracán, un mes posterior al impacto del huracán, a una distancia entre parcelas de 5 a 6 km; para registrar los siguientes datos de vegetación: composición de especies, altura, defoliación, árboles caídos, árboles descopados a la altura de la base o a la mitad del tronco, mortalidad de árboles, diámetro a la altura del pecho (DAP). Registrar en todas las parcelas los árboles dañados de acuerdo con las categorías propuestas por Sánchez-Sánchez & Islebe (1999): árboles desenraizados, árboles cortados en la parte baja del tronco y árboles cortados en la parte media del tronco. Así mismo, todas las parcelas se subdividieren en subparcelas de 100 m² para un muestreo más exacto.

Otra propuesta más actualizada es la de Navarro et al. (2012), para el diagnóstico de las etapas de desarrollo de la selva manejada, su estructura y composición, una vez que ha sido impactada por un huracán; entonces se inicia con tamaño de muestra de ocho (8)

parcelas de una hectárea (1 ha), en una distribución al azar en el área forestal permanente (AFP) del ejido, para registrar todos los árboles de las diferentes especies > de 10 cm de diámetro (d) y su altura correspondiente (ht); también se registran los tipos de daños experimentados en cada individuo de acuerdo a la clasificación: 1) desenraizado (derribado con exposición de raíces), 2) descopado (sin ramas desde la base de la copa), 3) desramado (ramas secundarias quebradas), 4) quebrado (tronco quebrado), 5) inclinado (sin exposición de raíces), 6) doblado, 0) sin daño. Además, se anotan los árboles que se observan muertos en pie después del huracán. Para facilitar el análisis y hacer comparables los resultados con otros estudios en la región, se recomienda agruparon las clases de daño en tres grupos principales: 1) daño ligero (clase 0 + clase 3) m, 2) daño moderado (clase 5 + clase 6) y 3) daño severo (clase 1 + clase 2 + clase 4).

2.8 Ecología y distribución de las especies estudiadas

El último inventario de maderables y frutales nativos de América Tropical contiene 1100 especies distribuidas en 282 géneros y 66 familias (IP–GRI, 2001), entre los cuales aparecen *Manilkara zapota*, *Pouteria reticulata* y *Metopium brownei*. Lo que nos indica que estas tres especies encuentran condiciones ideales para su desarrollo y distribución en estas regiones tropicales. En el caso de las sapotáceas son una familia de árboles y arbustos con distribución cosmopolita, aunque la mayoría de las especies está en regiones tropicales y subtropicales de Asia y América (Swenson y Anderberg, 2005). La familia contiene más de 50 géneros y unas 1250 especies y es importante ecológica y económicamente (Govaerts et al., 2001). *Manilkara zapota* (L.) van Royen (chicozapote, zapotilla o zapota) produce madera y frutos de calidad excelente, es nativa de México y Centro América, pero se distribuye en otros países tropicales por su fruto, látex y madera (Meghala et al., 2005). Por su parte *Pouteria reticulata* de la misma familia de las sapotaceas, se encuentra en bosques húmedos mixtos tropicales y subtropicales de tierras bajas, en un rango de 100 a 1500 m de altitud. En Venezuela se reporta que crece agrupada en formaciones llamadas "chuponales". Esta especie está ampliamente distribuida en todos los bosques tropicales y subtropicales de América Central y del Sur. El chechén por su parte, es una especie arbórea que pertenece a la

familia Anacardiaceae; es originario del Sureste de México y la Península de Yucatán. Habita desde el nivel del mar hasta los 400 msnm y es un árbol componente del Bosque tropical perennifolio (Figura 1).



b) *Metopium brownei*.



c) *Pouteria reticulata*.



a) *Manilkara zapota*

Figura 1. Distribución poblacional de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* a nivel Mesoamérica. Fuente: <https://www.gbif.org/species/>.

En cuanto a la anatomía y morfología de *Manilkara zapota* es árbol de gran tamaño, que en condiciones óptimas alcanza alturas hasta de 40 m y dap hasta de 150 cm (Pennington y Sarukhán, 1998). Se reportan densidades poblacionales cercanos a 300 individuos/hectárea de todas las edades, con diámetros hasta de 120 cm y alturas hasta 27 m. Su tronco es recto, ortótropo, de crecimiento rítmico, con ramas plagiotropas, simpodiales. Su arquitectura corresponde al modelo de aubréville (Vester, 2002). La copa

es irregular y amplia. La corteza externa, café rojizo, es fuertemente fisurada, y forma placas más o menos rectangulares. La corteza interna es de un color crema rosado, fibrosa y con abundante exudado lechoso, blanco y pegajoso. Las hojas son simples, las láminas de 5.5 x 2.0 a 18.0 x 6.0 cm de largo, incluyendo el pedúnculo; de forma elíptica a oblongo-elíptica, a veces oblanceoladas (Navarro y Vester, 2007). Sus flores son solitarias, axilares y bisexuales, aglomeradas en la punta de las ramas, entre las hojas (Pennington 1990). Los frutos son bayas hasta de 10 cm de diámetro, con el cáliz y el estilo persistentes, y la cáscara áspera de color café. Como el tallo y las hojas, también presentan látex blanco y pegajoso. Las semillas poseen una testa dura y un hilo largo (Navarro y Vester, 2007). Su madera es de color rojizo, muy dura, con grano derecho, textura fina, resistente al ataque por termitas y difícil de trabajar. Se recomienda para elementos no estructurales en la construcción de interiores y durmientes de ferrocarril (Echenique-Manríquez y Plumptre, 1994). En la Península de Yucatán, se desarrolla bien en la selva alta (o mediana) subperennifolia, en donde es dominante (Lundell, 1933; Miranda, 1973; Miranda y Hernández, 1985). Su temperamento es de luchador, es una especie de lento crecimiento que logra sobrevivir y crecer bien en condiciones de luz escasa. Las flores son polinizadas por murciélagos (Smith *et al.*, 2004). La dispersión de semillas se lleva a cabo por aves y grandes mamíferos, como el mono saraguato y el tapir. En la Península de Yucatán, se ha empleado en la construcción de casas mayas y como planta medicinal para curar la diarrea y la disentería. El fruto es comestible y del látex se obtuvo, comercialmente, el chicle durante más de 100 años (o'farrill *et al.* 2006).

El chechem (*Metopium brownei*) como se le conoce en la Península de Yucatán, es un árbol que alcanza alturas de hasta 25 m y diámetros de hasta de 60 cm (Pennington y Sarukhan, 1998). Sus densidades poblacionales oscilan entre 400 individuos/hectárea de todas las edades. Su modelo arquitectónico es el de rauh, con ejes ortótropos, crecimiento rítmico e inflorescencias axilares (Vester, 2002). Su corteza es escamosa y se desprende en placas de 3 cm de color café oscuro. Tiene un exudado tóxico que puede causar reacciones alérgicas al contacto directo. Sus hojas son alternas compuestas, pinnadas de 2 a 3 pares y una hoja terminal. Con inflorescencias en panícula axilar y es hermafrodita. El fruto es una baya de 1 cm de largo, amarilla hasta anaranjada brillante,

con una sola semilla de 7 a 8 mm de largo (Navarro y Vester, 2007). Su madera tiene una albura es de color crema rosada, el duramen café oscuro y presenta poco brillo. Se logra ver a simple vista la zona de crecimiento y los anillos de crecimiento que aproximan el crecimiento anual. La porosidad es abundante y difusa, visible a simple vista, el parenquima es paratraqual y vasicentrico. El duramen presenta bandas de tinte de pardo a rojizo oscuro, dureza lateral y transversal muy altas, densidad básica muy alta, grano derecho a entrelazado, textura fina; es resistente al ataque por termitas (Echenique-Manrique y plumptre, 1994). Se recomienda para construcción de interiores como pisos, escalera, pasamanos. Localmente ha sido ampliamente empleada en la manufactura de muebles de alta calidad y artesanías (Navarro y Vester, 2007). Es un árbol caducifolio en la época de sequía (abril, mayo), las flores aparecen de marzo a mayo y los frutos maduran de mayo a octubre (Navarro y Vester, 2007). Crece y tiene altas densidades en sitios perturbados con suelos bien drenados, y en bajos con inundaciones periódicas. Es típico de las selvas medianas subperennifolias y subcaducifolias, aparentemente con preferencias hacia los suelos calcáreos. Su temperamento es de una especie apostadora que necesita estar bajo condiciones de iluminación alta para crecer bien, lo que confirman los datos de crecimiento. Es una especie dioica con árboles masculinos y árboles femeninos. La polinización es llevada a cabo por abejas y la dispersión de semillas por aves (Navarro y Vester, 2007).

III. OBJETIVOS

3.1 General

Diferenciar los daños que originó el huracán “Deán” y los cambios en los valores dasométricos de las poblaciones de las especies maderables comerciales *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, *Metopium brownei* (Jacq.) y *Pouteria reticulata* durante el periodo 1998-2014, en el ejido Noh-Bec Quintana Roo.

3.2 Específicos

Clasificar los daños originados sobre las poblaciones de especies maderables comerciales *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, *Metopium brownei* (Jacq.) y *Pouteria reticulata*.

Cuantificar los cambios originados sobre los valores dasométricos de las poblaciones de especies maderables comerciales, *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, *Metopium brownei* (Jacq.) y *Pouteria reticulata*, en un periodo de 16 años.

IV. HIPÓTESIS

El huracán Deán ocasionó daños severos en las poblaciones de *Manilkara zapota*, *Pouteria reticulata* y *Metopium brownei* que influyo en la baja de los valores de las principales variables estructurales y posteriormente se encuentran en proceso de recuperación conforme al tiempo (1998-2014).

5.2 Descripción del área de estudio

El ejido Noh-Bec se encuentra dentro de la subregión “Planicies del Caribe y Noreste”. Caracterizada por una planicie con ondulaciones que varían entre 2 y 3 metros. En ella se presentan terrenos bajos inundables que suelen ser extensos y en sus partes más hondas formar lagunas y/o aguadas. Se encuentran dos tipos de aguas superficiales; a) Mantos de agua que se generan por el estancamiento de corrientes en la época de lluvia (la laguna, jagueyes y pozas); y b) Los cenotes que resultan del 15 desplome de la bóveda calcárea descubriendo corrientes de agua subterránea. Éstos últimos son característicos de la Península de Yucatán (Argüelles *et al.*, 1998). El clima del ejido Noh-Bec se encuentra en el tipo $Aw^1(x')$ según la clasificación de climas de Köpen modificada por García (1984), que corresponde a clima cálido subhúmedo con periodos de lluvias en verano y otro entre febrero y marzo comúnmente llamado “cabañuelas”. La temperatura media anual oscila entre 24 y 26 °C, con precipitación media anual de 1,200 mm. Dentro de la superficie del ejido Noh-Bec, existen dos tipos de vegetación: Selva Mediana Subperennifolia y Selva Baja Subperennifolia; el desarrollo de actividades agropecuarias y agroforestales se realiza en las zonas de transición entre estos dos tipos de vegetación; esta selección de superficies, se presenta en función de la profundidad y pedregosidad del suelo; en el límite de estos tipos de vegetación existe suelo conocido como Ya'axhomales, siendo éstos los más ricos, profundos y con menor pedregosidad (CONABIO, 2008).

Actualmente la superficie cubierta con Selva Baja Subperennifolia no tiene un uso; no obstante, está considerada como área potencial para desarrollar actividades de ecoturismo ya que de manera temporal existen escurrimientos en forma de rápidos, cenotes aptos para avistamiento de fauna silvestre y cuerpos lagunares someros que permiten la pesca y el avistamiento de cocodrilos. Con respecto a la vegetación, según la clasificación hecha por Miranda y Hernández (1938) el área de estudio se localiza en la Selva Alta o Mediana sub perennifolia. Pennington y Sarukhán (2005) menciona la clasificación destacada para identificar los tipos de vegetación del área.

5.3 Método del estudio

El modelo del estudio fue de carácter observacional (no experimental), retrospectivo parcial porque recurre a la información dasométrica generada en las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) antes del huracán (1998) y comparativo (en el sentido de que cuantifica los cambios originados a partir de las mediciones 1998, 2010 y 2014).

5.4 Procedimiento General

De acuerdo con los objetivos del estudio el procedimiento general se puede dividir en dos etapas:

1. Cuantificación y clasificación de daños de las especies *Manilkara zapota*, *Pouteria reticulata* y *Metopium brownei* con la medición 2010.
2. Valoración del cambio en los valores dasométricos de las especies *Manilkara zapota*, *Pouteria reticulata* y *Metopium brownei* a partir de las mediciones de muestreo 1998, 2010 y 2014.

Para esto hubo necesidad de realizar otras actividades como son:

1. Gestión y obtención de la base de datos de la medición en las PPM de 1998 generada por Ramírez (1999) y por Pat (2010).
2. Integración de base de datos en hoja de cálculo Microsoft Excel de las mediciones 1998 (Ramírez) y 2010 (Pat).
3. Medición e integración de información 2014 a la base de datos Microsoft Excel.
4. Filtración y construcción de tablas dinámicas, para el análisis estadístico.

5.5 Diseño de muestreo

Ante la imposibilidad de extrapolar las poblaciones totales de las 18,000 has del área forestal permanente, se recurrió al muestreo estadístico y considerando los diseños de muestreo más aplicados en la región (SEMARNAT, 2004; SmartWood, 2005, 2013); se realizó un muestreo estratificado y se tomaron como estratos los rodales de manejo correspondientes a los años 1992-1996, donde están ubicadas 150 parcelas permanentes de muestreo (PPM), de estas 150 PPM se midió una muestra aleatoria del 12.6 % que son 25 PPM distribuidos equitativamente en los rodales de manejo, es decir 5 PPM por rodal seleccionadas aleatoriamente (Figura 3).

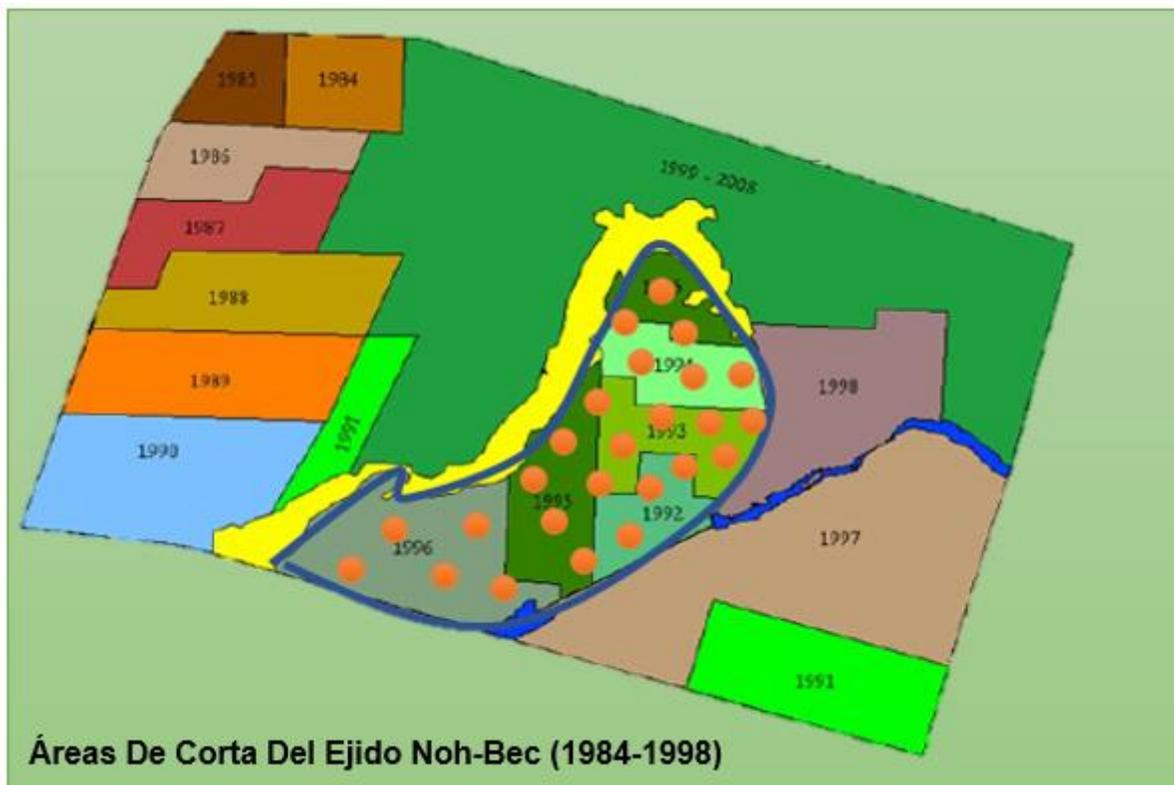


Figura 3. Ubicación de las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) en el ejido Noh-Bec Quintana Roo. elaboración propia adaptación del mapa (CONABIO 2008).

5.6 Variables medidas

1. **Variables dasométricas** de los árboles maderables para la categoría poblacionales fustales y latizales; de acuerdo a de Acevedo (2006) son; especies (sp), diámetro normal (dn), altura total (ht), altura de fuste limpio (afl), ancho de copa (ac).
2. **Variables dasométricas** de los mismos arboles maderables para las mismas categorías poblacionales para evaluar daños:
 - a) Índice de iluminación de copá adaptado de Dawkins (1958) (IIC).
 - b) Índice de forma de copa de Metcalfe y otros (2008) (IFC).
 - c) Clase de fuste de Pohlman (2008) (CF).
 - d) Estado sanitario del fuste Curran y otros (2008) (ESF).
 - e) Mecanismo de regeneración de Vandermeer y Granzow (2004) (MR).
3. **Variables ambientales** (clima, fisiografía, suelo elevación, pendiente).

5.7 Captura de información en base de datos

En esta actividad se procedió a capturar la información obtenida en campo en una base de datos Excel para su análisis correspondiente en distintos programas estadísticos como son (JMP y PAST).

5.8 Análisis e interpretación de resultados

En esta actividad se analizaron la información de la base de datos de Excel con los programas, (JMP y PAST) para su interpretación, y de esta forma determinar los resultados.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Daños sobre poblaciones de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* en Noh-Bec Quintana Roo

Distribución poblacional. En el estudio de comunidad arbórea realizado por Pat et al. (2018), se reporta una densidad total de 16,822 (100%) arboles por hectárea en todas las categorías diamétricas de todas las especies (cuadro 1); de los cuales 15,412 (91.61%) individuos, se conforman de brinzales y latizales; y 1410 individuos (8.38%) corresponden a fustales para un total de 16,822 individuos por hectárea; ahora bien, de este total de individuos reportados, 1718 (10.21%) corresponden a brinzales y 221 a latizales y fustales, para un total de 1939 (11.52%) individuos por hectárea, distribuidos en diferentes categorías diamétricas de las especies maderables *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución poblacional de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* en las selvas bajo manejo forestal de Noh-Bec Quintana Roo.

CD (cm)	NI Ha ⁻¹ Total	NI Ha ⁻¹ MMP	Categoría de árboles por tipo de daño							TICD	TISD
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7		
Brinzales											
<5	15412	1718	la regeneración inicial y de avanzada encontrada no evidencio daños debido a que la evaluación se realizó tres años después del impacto								
subtotal	15412	1718									
Latizales y Fustales											
<10	709	77	35	12	12	11	7	0	0	42	35
10 - 20	446	78	27	17	6	16	12	0	0	51	27
20 - 30	136	34	7	8	5	6	8	0	0	27	7
30- 40	67	13	7	1	0	2	3	0	0	6	7
40 - 50	21	6	1	2	1	1	2	0	0	5	1
50 - 60	11	6	3	0	1	0	2	0	0	3	3
60 - 70	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
70 - 80	6	4	2	0	0	1	2	0	0	2	2
80 - 90	9	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
subtotal	1410	221	85	39	25	37	36	0	0	136	85
Total	16822	1939	Brinzales, Latizales y Fustales								
<p>Nomenclatura: CD = Clase diamétrica, NI/Ha⁻¹ total = Densidad de árboles por ha, NI/Ha⁻¹ MMP(<i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen, <i>Metopium brownei</i> (Jacq.) y <i>Pouteria reticulata</i>) = Densidad de árboles por ha C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayos a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado, TICD = total de árboles con daño y TISD = total de árboles sin daños. Fuente: Elaboración propia.</p>											

Los registros realizados indican distribuciones poblacionales naturales de las tres especies con predominio de individuos en edad juvenil (brinzales y latizales) y menos densidad de población en edad fustal; que es un ordenamiento y arreglo estructural vertical y horizontal reportado para selvas tropicales, que en términos generales conforman la “J” invertida (Gadow *et al.*, 2007) (Cuadro 1; Figura 4); autores como Günter *et al.* (2011), indican que este tipo de distribución espacial y estructural registrado para *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*, demuestra hasta cierto punto una heterogeneidad que implica una estabilidad ecológica de los procesos dinámicos de regeneración de las especies.

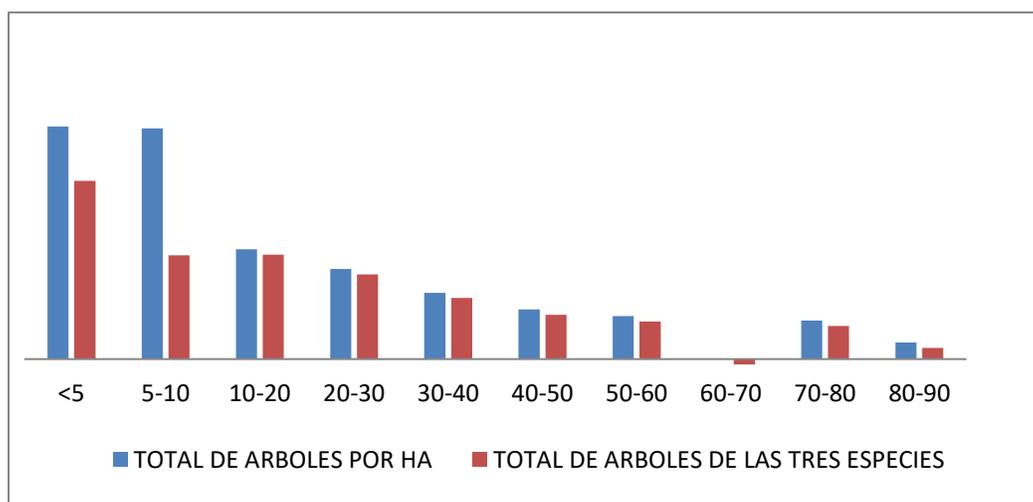


Figura 4. Distribución poblacional de las especies *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, *Metopium brownei* (Jacq.) y *Pouteria reticulata*, (PMP) respecto a la totalidad de árboles registrados en Noh-Bec. Fuente: Elaboración propia.

En un acercamiento más a detalle al análisis de las distribuciones poblacionales de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* (Figura 3); al contrastar la totalidad de individuos de todas las especies registradas en las selvas de Noh-Bec versus distribución poblacional de las tres especies en estudio, se observa la tendencia de formación de la “J” invertida, aunque no perfecta, con cambios radicales de distribución poblacional entre individuos en edad inicial (brinzales) e individuos en edad latizal y fustal; además de una escases sistemática de individuos fustales en las clases diamétricas de

60-70 cm., que indica perturbaciones que pueden estar relacionadas con mortalidad y extracción irregular forestal (no apego al programa de manejo); en este sentido varios reportes indican que el comportamiento de un bosque tropical sometido al manejo forestal se ve reflejado en la distribución del número de individuos por clase diamétrica; ordinariamente una forma de “J” invertida, graficada para el total de las especies es el reflejo de que las masas forestales llevan un rol de regeneración adecuado (Rollet 1978, Lamprecht 1990; Louman, Quirós & Nilsson 2001); de acuerdo a estos reportes se observan irregularidades en el manejo forestal que consisten en la aplicación no adecuada de tratamientos silvícolas para extracción, crecimiento y regeneración, que puede afectar el futuro de las poblaciones de estas especies (Taylor y Halpern, 1991).

Daños registrados por las tres especies. Según lo reportado por Pat et al. (2018), en su estudio “efectos del huracán Deán en las selva bajo manejo forestal de Noh-Bec Quintana Roo”, más del 50% de los individuos de las especies arbóreas de todas las especies recibieron algún tipo de daño como efecto del huracán (C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayor a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado, TICD = total de árboles con daño y TISD = total de árboles sin daños); para el caso de las poblaciones naturales de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*, la evaluación de daños tuvo resultados similares, el 62% de los individuos registrados resultaron con algún tipo de daños, que pueden clasificarse como tendientes a leves; mientras que un 38 % no tuvo ningún tipo de daño (Figura 5a); los daños más frecuentes entre los individuos de las tres especies fueron la decapitación (C2 y C3) (34%) y la caída de árboles vivos (C4) (17%) (Figura 5b); ambos tipos de daños se presentan cuando los vientos huracanados son de gran magnitud, en este caso el huracán cruzó Noh-Bec en categoría V (dentro de la escala Saffir-Simpson 1978). No obstante, el alto porcentaje de árboles dañados también se registró un alto porcentaje de árboles no dañados (C1), sobre todo en *Pouteria reticulata* (zapotillo) (Figura 5a); lo que puede atribuirse a las diferencias existentes en densidad poblacional (zapotillo cuenta con una densidad poblacional que supera a chicozapote y chechen en más del 300%) de las especies. En términos generales, estos resultados

coinciden también con lo reportado por Navarro et al (2012), en un estudio de los efectos del mismo huracán en el ejido X-Hazil (contiguo a Noh-Bec), donde se reportan daños similares, calificados como leves.

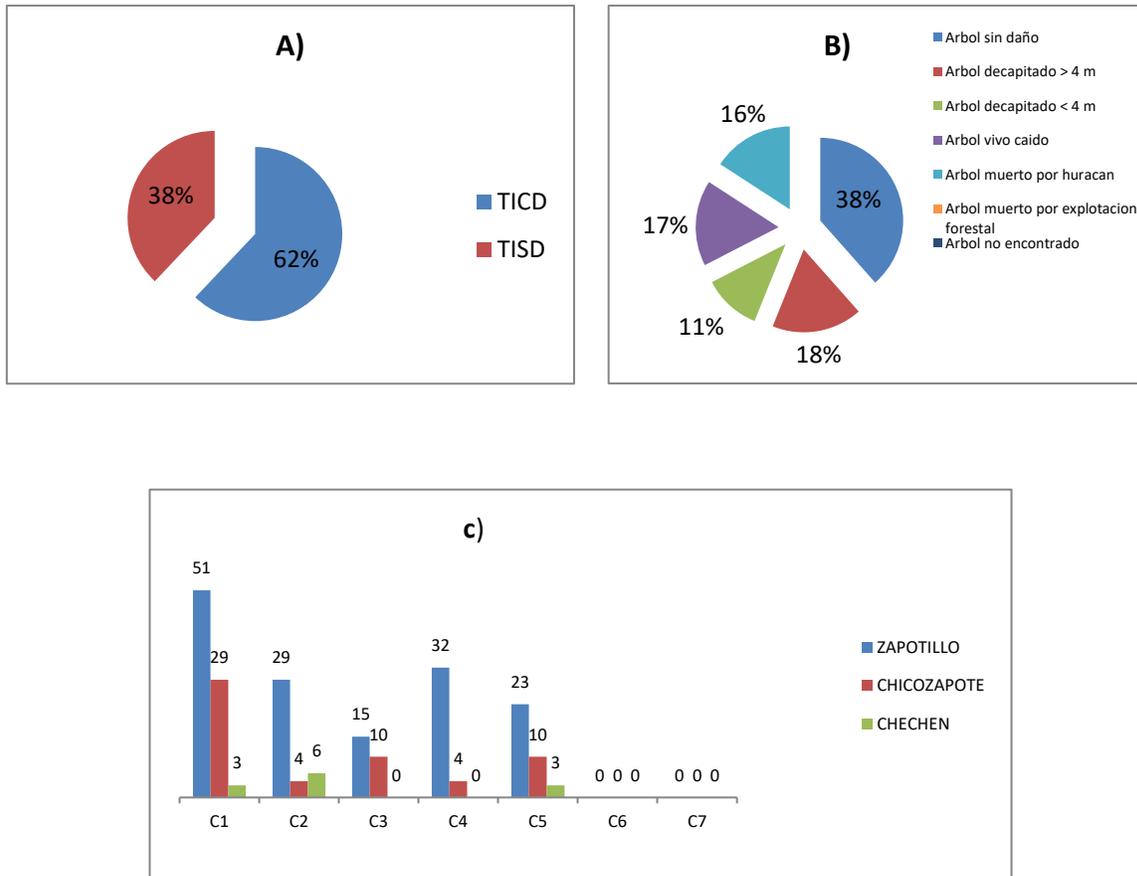


Figura 5. Diferentes enfoques de análisis de daños sobre las poblaciones naturales de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*. A) Porcentaje total de individuos con daños (TICD) y porcentaje total de individuos sin daños (TISD) de las tres especies. B) Porcentaje de individuos dañados por tipo de daño, correspondiente a las tres especies. C) Individuos dañados por tipo de daños de las tres especies. Tipos de daños: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayos a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado, TICD = total de árboles con daño y TISD = total de árboles sin daños. Fuente: Elaboración propia.

A nivel de especies, los efectos del huracán presentan diferencias en cuanto a tipos y magnitud de daños; quizás atribuibles a la densidad de la madera reportada en algunos estudios (Navarro y Vester, 2007).; y a otros factores como la densidad poblacional; **en este caso para *Manilkara zapota*** (Chicozapote), se registraron daños en un 66% de los individuos en etapa de latizales y fustales, calificados como leves y agudos en algunos

casos; los daños más frecuentes se presentaron por la decapitación (descopado) de las copas de los árboles (C2 y C3) que suma un total del 37% de los individuos y la caída de árboles (desenraizamiento y caída de árboles vivos) (Figura 6).

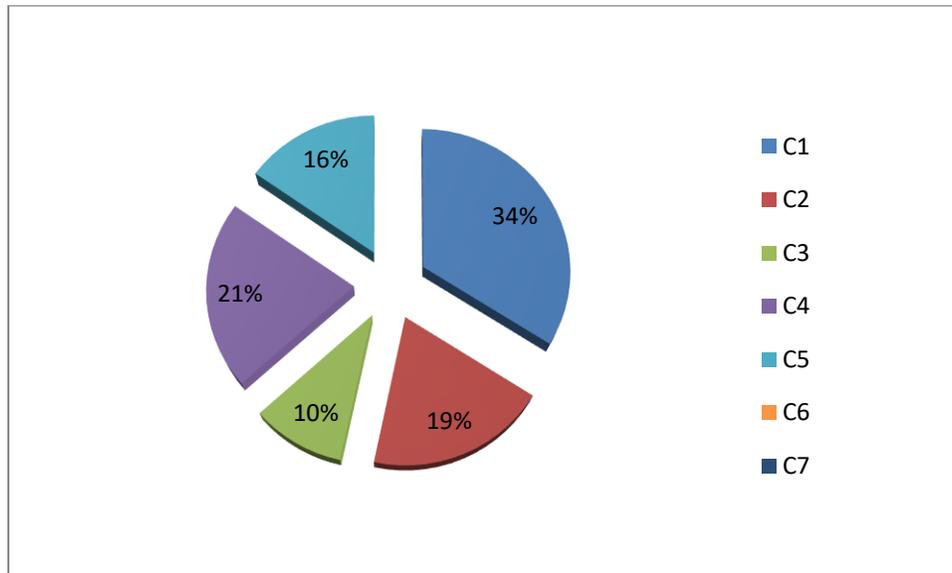


Figura 6. Tipos y magnitud de daños originados por el huracán Deán sobre *Manilkara zapota* en el ejido de Noh-Bec Quintana Roo (Tipos de daños: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayor a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado. Fuente: Elaboración propia.

En el mismo estudio realizado por Navarro et al. (2012), en la selva manejada de X-Hazil Quintana Roo, se hace mención que *Manilkara zapota* tuvo daños ligeros; contrastando con los resultados del estudio de Noh-Bec, siendo ejidos contiguos; la explicación a este contraste tiene relación con la intensidad de los aprovechamiento forestales que se realizan en ambos ejidos (a mayor intensidad de aprovechamientos perturbaciones mayores y mayor cantidad de claros que facilitan la entrada de vientos huracán dos al interior de la selva).

Otro estudio sobre los efectos del huracán Deán que contrasta con los resultados en Noh-Bec, es el realizado en otras localidades del sur de Quintana Roo por Islebe et al. (2009), en donde se reportan daños menores en la mayoría de las especies arbóreas; *Manilkara*

zapota es reportada con daños en las copas (desrame, descopado y roturas), que son recuperables a corto y mediano plazo.

Con respecto a *Metopium brownei* (Chechem), los datos analizados indican que un 75% de la densidad poblacional por hectárea resultó con algún tipo de daño, que van desde la eliminación de hojas, pasando por el descopado, caída de árboles hasta la mortalidad (C2-C7); los daños mayores fueron el descopado (C2-C3) (eliminación de la copa de los árboles), en el que resultaron afectados un 75% de los individuos (Figura 7).

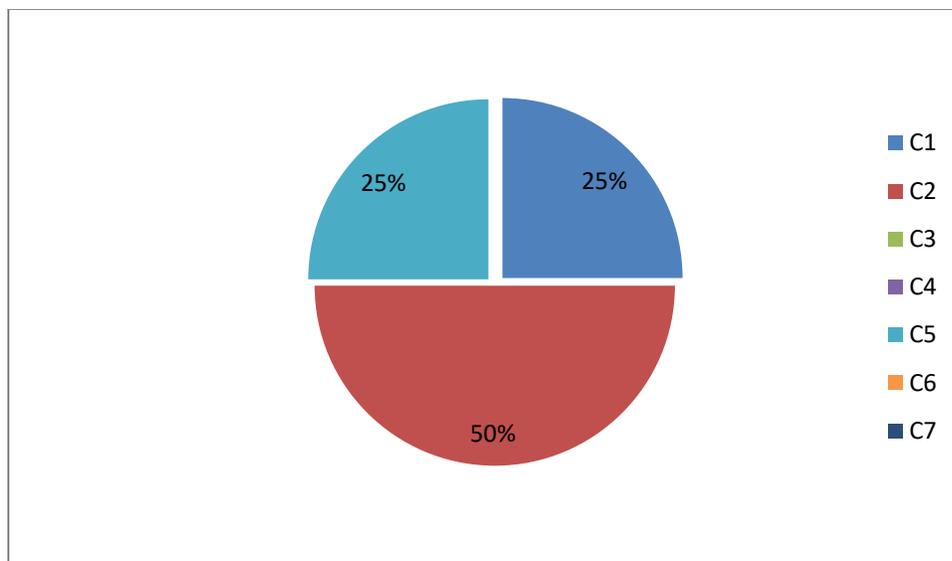


Figura 7. Clasificación de daños originados por el huracán Deán sobre *Metopium brownei* en el ejido Noh-Bec Quintana Roo. Los tipos de daños registrados fueron: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayor a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado. Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados indican daños severos en la mayoría de los individuos, ya que la falta de copa tiene relación con el proceso fotosintético, que prácticamente se detiene ante la falta de los órganos encargados del proceso (las hojas). En este caso, se pueden presentar dos escenarios, la recuperación de las copas (a mediano plazo) o la mortalidad; en muchos estudios se reportan la gran plasticidad de las especies arbóreas (Tadeo 2014), que les confiere gran capacidad de recuperación y reconstrucción arquitectural,

que es precisamente lo que se observa para *Metopium brownei* (en su mayoría se están presentado procesos de reconstrucción arquitectural).

Lo sucedido en las selvas de Noh-Bec por efectos del huracán Deán (año 2007), para esta especie difiere de igual manera con lo reportado en un estudio realizado en la zona norte de Quintana Roo por García et al. (1992), para evaluar los efectos del huracán Gilberto sobre varias especies arbóreas (considerado el huracán de mayor poder que afectado Quintana Roo en la época contemporánea); entre las cuales *Metopium brownei*, fue reportado con daños menores; así mismo Navarro et al. (2012) en su mismo estudio de efectos del huracán Deán (2007) en el ejido de X-Hazil, se reportan daños ligeros para chechem. Coincidiendo de esta manera con los resultados obtenidos para *Manilkara zapota*, es decir ambas especies de madera dura tropical presentaron niveles de daños similares en Noh-Bec Quintana Roo, magnitud atribuida a los aprovechamientos forestales, que es lo que diferencia a Noh-Bec (mayor intensidad), con respecto al ejido X-Hazil (menos intensidad de aprovechamientos forestales).

Al revisar **los resultados estadísticos de *Pouteria reticulata* (Zapotillo)**, se registran daños de diferentes tipos (C2-C7), solo en un 49% de los individuos registrados frente a un 51% que no tuvo ningún tipo de daño (C1); los individuos más afectados fueron descopados, desenraizados o derribados vivos (C2, C3, C4), con algunos individuos muertos o no encontrados (quizás por descomposición, debido a que el muestreo se realizó tres años posterior al huracán). Un aspecto que llama la atención sobre esta especie es la alta densidad poblacional del zapotillo que ocupa el 60% de los individuos reportados por hectárea de las tres especies (221 árboles) (Cuadro 1, Figura 8).

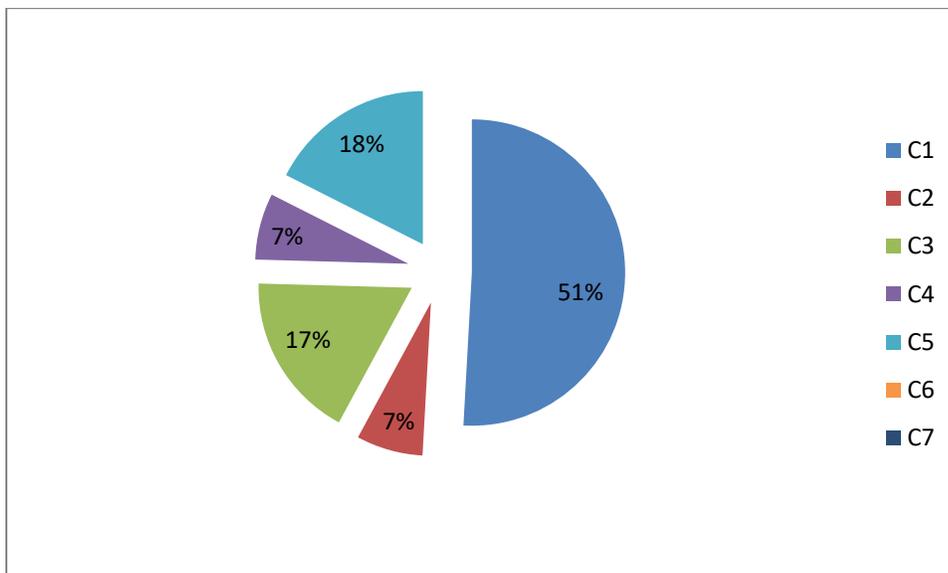


Figura 8. Clasificación de daños originados por el huracán Deán sobre *Pouteria reticulata* en el ejido Noh-Bec Quintana Roo. Los tipos de daños registrados fueron: C1 = Árbol sin daño, C2 = Árbol decapitado con fuste mayor a 4 m, C3 = Árbol decapitado con fuste menor a 4m, C4 = Árbol vivo caído, C5 = Árbol muerto por efecto del huracán, C6 = Árbol muerto por explotación forestal, C7 = Árbol no encontrado. Fuente: Elaboración propia.

Esta alta densidad poblacional registrada en el ejido disminuye relativamente la magnitud de daños originados por el huracán sobre la especie (49%), aunque en los hechos fueron mayor cantidad de árboles afectados de zapotillo, que chicozapote y chechém; la magnitud de daños en este aspecto es atribuible a la mayor fragilidad de la madera de la especie y menor resistencia a los vientos huracanados; sin embargo los reportes en otras áreas del estado de igual manera resultaron con daños clasificados como leves (García et al., 1992; Navarro et al., 2012).

6.2 Cambios en la estructura de las tres especies en Noh-Bec Quintana Roo

Cambios generales en las tres especies. Como lo reportan Gadow et al. (2007), las variables estructurales no son estables, cualquier cambio cuantitativo de cualquiera de las principales variables estructurales (distribución y densidad poblacional, alturas, diámetros, área basal y volúmenes) como efecto de las perturbaciones y disturbios, origina cambios generales a nivel poblaciones y comunidades en el tiempo; estos cambios fueron analizados para las tres especies estudiadas y se presentan en el siguiente cuadro 2.

Cuadro 2. Cambios influidos por el huracán Deán sobre variables de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* en las selvas de Noh-Bec Quintana Roo (1998-2014).

CD	NI Ha ⁻¹			d (cm)			h (m)			G (m ² ha ⁻¹)			v (m ³ ha ⁻¹)		
	1998	2010	2014	1998	2010	2014	1998	2010	2014	1998	2010	2014	1998	2010	2014
10_20	78	78	68	14.3	15.9	11.5	12.1	8.9	7.7	6.8198	4.1302	3.5728	1.7150	2.1525	1.3999
20-30	34	34	28	21.0	23.2	23.8	15.5	10.7	11.5	8.2522	4.9857	5.8680	1.4881	1.8060	1.8895
30-40	13	13	10	30.5	33.9	34.3	14.5	12.2	12.6	5.0020	4.9314	5.4110	1.0490	1.2732	1.3028
40-50	6	6	6	40.1	43.8	44.5	15.1	9.4	9.7	6.2205	3.0229	3.2960	1.1544	1.3829	1.4070
50-60	6	6	5	51.3	52.7	52.9	14.4	11.9	12.0	5.7126	4.7111	4.8286	1.2417	1.3088	1.3170
60-70	1	1	1	56.3	60.9	63.2	16.8	17.0	17.2	1.5134	1.8132	1.9990	0.2489	0.2913	0.3137
70-80	4	4	5	68.5	74.8	74.9	17.8	14.4	14.5	12.7660	11.2547	11.5437	1.8540	2.1991	2.2063
80-90	2	2	2	83.1	87.4	87.5	19.9	20	21.7	9.0793	10.3465	12.1845	1.0888	1.1991	1.2031
Total	144	144	125	45.63	49.075	49.075	15.76	13.06	13.36	6.9207	5.64942	6.0879	1.2299	1.4516	1.2031

Nomenclatura: CD = Clases diamétricas, NI ha⁻¹ = Número de individuos por hectárea, d = diámetro promedio, h = altura promedio, G = área basimétrica, v = volumen. El análisis consideró un periodo de tiempo de 16 años (1998-2014).

Los resultados presentan tres variables estructurales que aparentemente no resultaron con graves afectaciones por el huracán (Cuadro 2 y Figura 8); la densidad poblacional (NI Ha^{-1}), no fue afectada severamente durante este periodo de tiempo (1998-2014), se mantuvo en el primer periodo (1998-2010), no resultando afectado “aparentemente” por el huracán Deán (2007); pero hubo un descenso en la densidad poblacional en el segundo periodo (2010-2014), pasando de 144 a 125 NI Ha^{-1} ; la otra variable que no resultó con afectaciones por el huracán en ningún periodo de tiempo fueron los diámetros promedios (d), que continuo su normal crecimiento y así se mantuvo de un promedio de 45.6 (1998) a 49.0 cm (2014). De igual manera se observa que el promedio de volúmenes (v) no resultó afectado pasó de 1.2 m^3 (1998) a 1.4 m^3 (2010) y descendió ligeramente a 1.2 m^3 (2014), manteniendo los volúmenes iniciales (Cuadro 2 y Figura 9).

Las dos variables estructurales que resintieron inmediatamente las afectaciones del huracán fueron las alturas (h) que pasaron de un promedio de 15.7 (1998) a 13.0 (2010), reduciendo radicalmente 2.7 mts de altura, para empezar a recuperarse en el año 2014, pasando a 13.3 m.; mientras que el área basimétrica (G) que era de 6.9 m^2 (1998) se redujo a 5.6 m^2 (2010), para iniciar su recuperación a 6.0 m^2 (Cuadro 2 y Figura 9).

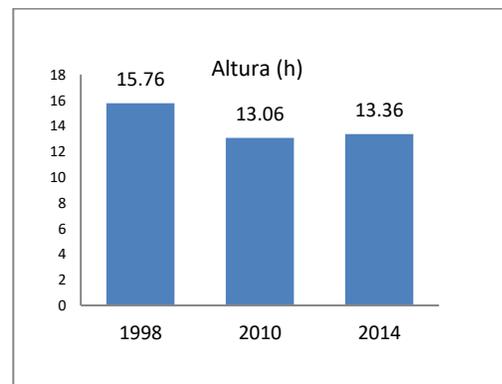
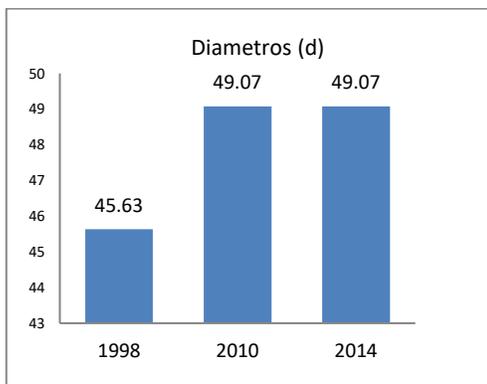




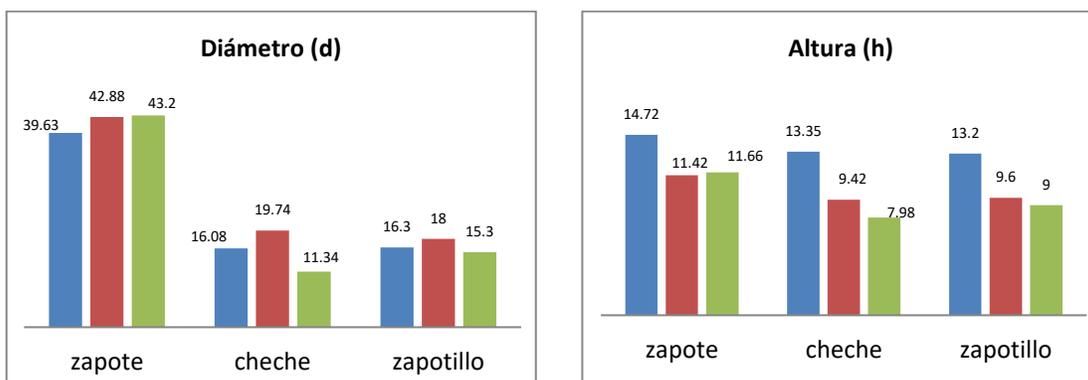
Figura 9. Cambios en las principales variables estructurales de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata* en Noh-Bec Quintana Roo durante el periodo 1998-2014, por efectos del huracán Deán (2007).

El análisis de estos resultados (Figura 9), se puede explicar desde distintos puntos de vista; por ejemplo, la disminución poblacional retardada (dado que el huracán afectó en el año 2007), es que los individuos afectados (descopados, derribados, etc.), no resultaron muertos inmediatamente, sino que fue una mortalidad paulatina en el tiempo. Otro aspecto que llama la atención es el incremento de los diámetros a pesar de las afectaciones severas detectadas; estas afectaciones severas se registraron por descopado y desrames (arriba de los 4 m de altura), lo que significa que el fuste (tallo) se mantiene y por lo tanto este mantuvo su ritmo de crecimiento, incluyendo los árboles caídos vivos, que mantienen su crecimiento; este crecimiento de diámetros se refleja en el crecimiento de los volúmenes a pesar de las afectaciones severas del huracán, dado que la mayoría de los árboles afectados se reconstruye paulatinamente por su plasticidad. Con relación a la disminución del área basimétrica, se explica por la caída y mortalidad de árboles de todas las edades; estos resultados demuestran la existencia de una heterogeneidad en las formas, magnitud e intensidad en que los huracanes afectan las selvas bajo manejo forestal; estudios como el de Ramírez et al. (2012) menciona que área basal, cobertura, volumen y densidad de especies no mostraron diferencias significativas que permita clasificar la condición de alto o bajo impacto del huracán Deán en otros sitios de la región; por su parte Sánchez e Islebe (1999) y Whigham et al. (2003),

registraron disminución en la densidad, área basal, cobertura y diversidad de árboles después del huracán Gilberto (1988) en las selvas del norte de Quintana Roo.

Cambios a nivel de especies. En un análisis comparativo de las tres especies, los datos registrados indican tres poblaciones naturales con diferencias en sus principales variables estructurales, notándose superioridad de *Manilkara zapota* sobre las otras dos especies en diámetros, alturas, área basal y volúmenes. Los efectos del huracán acentúan este promedio; en este aspecto las tendencias presentadas se mantienen a nivel de las tres especies, para las variables estructurales diámetros y área basal, que se pueden sintetizar en incrementos durante el primer periodo (1998-2010), y una ligera disminución para el segundo periodo (2010-2014); con excepción del promedio de área basimétrica de chicozapote y zapotillo que mantuvieron su crecimiento (Figura 10).

Para las variables altura y volúmenes fue muy notorio la disminución para las tres especies durante el primer periodo (1998-2010), como efecto inmediato del huracán Deán (2007); que se mantiene en el segundo periodo (2010-2014), con excepción del área basal de chicozapote que tiende al crecimiento (Figura 10).



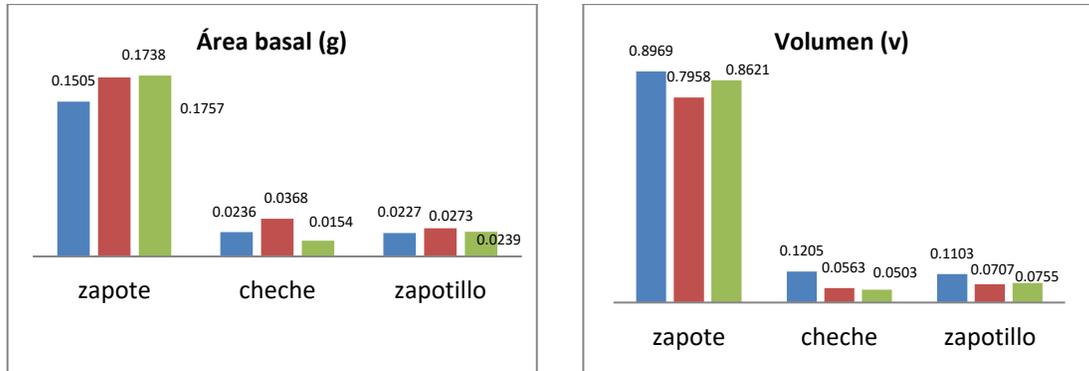


Figura 10. Cambios generados por el huracan Dean en las variables estructurales de *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*, en las selvas de Noh-Bec Quintana Roo, durante el periodo 1998—2014. Nomenclatura: Los años corresponden a tres barras por especie de izquierda a derecha: 1998, 2010, 2014.

De acuerdo con Prodan et al. (1997), el crecimiento o disminución del área basimétrica indica aumento de la densidad de individuos en una superficie determinada (en este caso NI Ha^{-1}), o incremento de diámetros; y denota mejoría de la estructura. Por lo contrario, una disminución de área basal indica disminución del número de individuos por perturbaciones (mortalidad natural, mortalidad por vientos huracanados o extracción forestal). Así, los cambios caracterizados por especie, responden a las perturbaciones ocasionadas por el huracán Deán, que tuvo efectos sobre la estructura de las tres especies, pero que se encuentran en proceso de recuperación. Autores como Zimmerman et al. (1994), Navarro-Martínez, Durán-García & Martínez-González (2012) describen los cambios estructurales, tendientes a la recuperación, que ocasionaron huracanes en México y Puerto Rico. Otros autores como Macamo et al. (2016), reportan cambios radicales catastróficos en los bosques tropicales ocasionados por los huracanes, que crearon condiciones extremas de cambios irreversibles en la estructura y composición de especies.

VII. CONCLUSIONES

En el estudio de comunidad arbórea realizado por Pat et al. (2018), se reporta una densidad total de 16,822 (100%) arboles por hectárea distribuidos en 66 especies; de los cuales 1939 individuos por hectárea (11.52%), corresponden a las especies maderables *Manilkara zapota*, *Metopium brownei* y *Pouteria reticulata*; el huracán Deán ocasionó daños clasificados en siete tipos, de leves a severos (C1-C7) a un 62% de los individuos registrados de estas tres especies; los daños más frecuentes fueron la decapitación (C2 y C3) (34%) y la caída de árboles vivos (C4); estos daños causaron cambios (disminución de valores) y transformaciones (procesos de recuperación) en la estructura de las especies que fueron registrados durante un periodo de 16 años (1998-2014); la densidad poblacional, diámetros y volúmenes no resultaron severamente afectados durante el primer periodo de tiempo (1998-2010), con un descenso ligero de sus valores en el segundo periodo de tiempo (2010-2014). Mientras que las dos variables estructurales que resintieron inmediatamente el impacto del huracán fueron las alturas y el área basimétrica que se redujeron radicalmente en el primer periodo (1998-2010), para empezar a recuperarse en el segundo periodo (2010-2014). La especie que a pesar de los daños mantuvo su dominio sobre las demás especies fue *Manilkara zapota*; mientras que la que tuvo mayor afectación fue *Metopium brownei*.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arguelles, A. y D. Gonzales. 2009. Uso y conservación comunal de las selvas en el sureste mexicano. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/gaceta36/g9536211>.

Barton, B. D., L. Merino P. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México. Instituto Nacional de Ecología/Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible AC. México DF. 268 p. 23

Barton, B. D., L. Merino-Pérez, P. Negreros-Castillo, G. Segura-Warnholtz, J.M. Torres-Rojo, H. F. M. Vester. 2003. Mexico's Community-Managed Forests as a Global Model for Sustainable Landscapes. *Conservation Biology*, 17(3):672-677.

Bitrán Bitrán, D. 2001. *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-1999*. Serie: Impacto socioeconómico de los desastres en México, Cenapred-unam, México.

Bray, D. 2007. Un camino en el bosque: gestión forestal comunitaria en Mexico Desarrollo de base, 28(1): 40-47.

Cenapred. 2001. *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México: atlas nacional de riesgos de desastres en México*. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, México.

Charvériat, C. 2000. *Natural disasters in Latin America and the Caribbean: An overview of risk*. Working Paper 434. Inter-American Development Bank, Washington, D.C.

De Graaf, N.R. Filius, A.M. & Huesca Santos, A.R. 2003. Financial analysis of sustained forest management for timber. Perspectives for application of the CELOS management system in Brazilian Amazonia. *For. Ecol. Man.* 177, 287-299.

Díaz-gallegos, J.R., J. François M., A. Velázquez M. 2008. Monitoreo de los patrones de deforestación en el corredor biológico mesoamericano. *Interciencia*, 33 (12): 882-890.

Díaz Mendoza, Castro Angulo y Manjarrez Paba:(2010) *Mangles de Cartagena de Indias: "Patrimonio biológico y fuente de diversidad"*, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2010e/805/

Echenique-Manrique, R. y R. A. Plumptre. 1994. Guía para el uso de maderas de México y Belice. Universidad de Guadalajara. México. 196 p.

Elizondo, C., D. López M. 2009. Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo. Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Acciones / Numero 6. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.

Ellis, E.A., Hernández, I.U., Romero, J.A. 2017. Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas* 26(1): 101-111. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-1.16

Elmqvist T., Rainey W. E., Pierson E. D. & Cox P. A. (1994) Effects of tropical cyclones OfaandVal on the structure of aSamoan lowland rain forest. *Biotropica*26, 384–91.

Everham, E., y Brokaw, N. (1996). Forest damage and recovery from catastrophic wind. *The botanical review*, 62(2), 113-185.

Gadow, K.v., Sánchez Orois, S., Álvarez González, J.G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. 287 p. UNICOPIA. Lugo. ISBN: 978-84-690-7535-7

Govaerts, R.; D. G. Frodin & T. D. Pennington. 2001. World Checklist and Bibliography of Sapotaceae. Edimburg: Royal Botanic Gardens.

Gerald A. Islebe, Nuria Torrescano-Valle, Mirna Valdez-Hernández, Margarito Tuz-Novelo, Holger Weissenberger. 2009. EFECTOS DEL IMPACTO DEL HURACÁN DEAN EN LA VEGETACIÓN DEL SURESTE DE QUINTANA ROO, MÉXICO Foresta Veracruzana, vol. 11, núm. 1, pp. 1-6, Recursos Genéticos Forestales México

Guyanarain forests. Hinkeloord report 18, Wageningen University and National ReferenceCentre for Nature Management, Wageningen, The Netherlands, 59-61.

INEGI. 2005. Sistema Geodésico Nacional (versión 1.4). Dirección General de Geografía. México DF. 9 p.

John Vandenneer, Nelson Zamora, Katherine Yih. 1990. Regeneración inicial en una selva tropical en la costa caribeña de Nicaragua después del huracán Juana. Rev. Biol. Trop., 38(2B):347-359.

LauranceW.F.,LauranceS.G.,Ferreira L.V.,Rankin-deMeronaJ. M.,Gascon C. & Lovejoy T. E. (1997) Biomass collapse inAmazonian forest fragments. *Science*278,1117–8.

Lugo, A.E. y E. Helmer. 2004. Emerging forests on abandoned land: Puerto Rico's new forests. *Forest Ecology and Management* 190:145-161.

Lundell, C. L. 1933. Chicle explotación in the sapodilla forest of the Yucatan Peninsula. *Field and Laboratory* 2:15-21.

Martínez Gutiérrez G, Mayer L(2004) Huracanes en Baja California, México y sus implicaciones en la sedimentación en el Golfo de California. *GEOS México* 24: 57 64

Meghala, R., K. V. Ravishankar, A. Lalitha, and A. Rekha. 2005. Genetic diversity of Indian sapota (*Manilkara zapota*) cultivars characterized by RAPD markers. *Plant Genet. Res. Newsletter* 142: 43–46.

Miranda F. y E. Hernández X. 1985. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. En: *Xolocotzia. Obras de Efraín Hernández Xolocotzi. Tomo I. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 41-162.*

Miranda, F. 1973. *Vegetación de la Península Yucateca. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 271 p.*

MIRANDA, F. y HERNÁNDEZ, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.

Mittermeier, R.A., P. Robles-Gil y C.G. Mittermeier. 1997. *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. Conservation International-Cemex-Agrupación Sierra Madre, A.C., México.*

Navarro-Martínez. M. A., R. Duran-García., M. Méndez-Gonzales. 2012. El impacto del huracán “Deán” sobre la estructura y composición arbórea de un bosque manejado en Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 18(1): 57-76

Navarro Martínez A. y Henricus F. M. Vester. 2007. Fichas ecológicas arboles maderables de Quintana roo El Colegio de la Frontera Sur, Avenida Centenario Km 5.5, C.P. 77014 Chetumal, Q. Roo.

NICOLE J. MOORE* AND DAVID S. GILLIESON. 2008. Uso de estudio de campo y la teledetección para evaluar el dosel de la selva después del ciclón Larry School of Earth & Environmental Sciences, James Cook University, PO Box 6811, Cairns, QLD 4870, Australia

O'Farrill, G. O., Calmé, S. and González, A. 2006. *Manilkarazapota*: a new record of a species dispersed by tapirs. *Tapir Conservation* 15/1(19):32-35.

Oldeman, R.A.A. y van Dijk, J. 1991. Diagnosis of the temperament of tropical rain forest trees. En: Gómez Pompa, A., Whitmore, T.C. y Hadley, M. (eds.): *Rainforest regeneration and management*: p21-65. *Man and the Biosphere Series*, 6. -Paris, Unesco and Carnforth (UK), Parthenon Books.

Ostertag R., Silver W. L. & Lugo A. E. (2005) Factors affecting mortality and resistance to damage following hurricanes in a rehabilitated subtropical moist forest. *Biotropica* 37, 16–24.

Olmstead I., J. Palma, I. Perez del Valle, J. Castillo e y. Moreno. 1990. Efecto de las perturbaciones por huracan y fuego sobre la estructura y composición de la selva mediana subperennifolia en el norte de Quintana Roo. *Resúmenes del Congreso Mexicano de Botánica*. Oaxtepec, Morelos, Mexico.

Pablo Jesús Ramírez-Barajas¹, Gerald A. Islebe² y Nuria Torrescano-Valle² Red Biología y conservación de vertebrados, Instituto de Ecología, A. C. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, México. El Colegio de la Frontera Sur. Avenida Centenario Km. 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México. pab_rb@yahoo.com.mx

Pat, A. I. 2010. Efectos del huracán “Deán” sobre la regeneración de la selva bajo manejo forestal de Noh-Bec Quintana Roo (1998-2014). *Protocolo de Tesis de Doctorado*. División de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa Tabasco, Mexico.

PENNINGTON T.D.; J. SARUKHÁN. 1998. *Los árboles tropicales de México*. 2ª ed. Fondo de Cultura Económica - UNAM. México. 521 p.

Pickett, S.T.A. y P.S. White. 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, EUA, 472 pp.

Pickett, S.T.A., R.S. Ostfeld, M. Shachack y G.E. Likens (eds.). 1997. *The ecological basis of conservation: Heterogeneity, ecosystems and biodiversity*. Chapman & Hall, Nueva York.

Popper, N., C. Domínguez Cristóbal, A. Santos, N. Méndez Irizarry, E. Torres Morales, A.E. Lugo, Z.Z. Rivera Lugo, B. Soto Toledo, M. Santiago Irizarry, I.L. Rivera, L.A. Zayas y C. Colón. 1999. A comparison of two secondary forests in the coffee zone of central Puerto Rico. *Acta Científica* 13:27-41.

Ramírez, G. 2004. El corredor Biológico Mesoamericano en México. *Biodiversitas*, 7 (47): 4-7.

Ramírez, S. E. 1999. Mapa de localización y Base de Datos de las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) del Ejido de Noh-Bec, Quintana Roo. 24

Rivas, H. 1999. Impacto del huracán Mitch en rodales intervenidos y no intervenidos, en tres sitios en la costa norte de Honduras. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C. R. CATIE. 95 p.

Roland C. de Gouvenain[†] and John A. Silander Jr. 2003. Do Tropical Storm Regimes Influence the Structure of Tropical Lowland Rain Forests *Biotropica* Volume 35, Issue 2, pages 166–180, June 2003

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, O. & ISLEBE, G.A. 2002b. Tropical forest communities of southeastern Mexico. *Plant Ecology* 158: 183-200.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, O. 2007. *Dinámica de las especies arbóreas en distintos estados sucesionales de la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo, México*. Tesisdoctoral Universidad Veracruzana Xalapa, Mexico. 139 pp.

Sanchez S., O. y G.A. Islebe. 2002. Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecology* 158:183-200.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2004. Documento estratégico rector del inventario forestal nacional forestal y de suelos. Manual Técnico Operativo de la SEMARNAT. 22(2):22-79.

SINAT-SEMARNAT. 2011. Manifestación de impacto ambiental para el proyecto “Aprovechamiento forestal maderable y no maderable en el ejido No-Bec, Municipio de Felipe Carrillo Puerto Quintana Roo”. Resumen Ejecutivo.

SINAT.SEMARNAT.2011.

sinat.semarnat.2011<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/qroo/resumenes/2011/23QR2011FD030.pdf>

SAGARPA.2014

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/Presentacin%20de%20Experiencias%20Exitosas%20por%20Entidad%20F/Attachments/23/nohobe-qroo.pdf>

Stephen M. Turton. 2008. Impactos del huracán Larry a escala de paisaje sobre los bosques al noreste de Australia, incluidas las comparaciones con anteriores ciclones que afectan la región entre 1858 y 2006 Australian Tropical Forest Institute, James Cook University, PO Box 6811, Cairns 4870, Australia *Austral Ecology* 33, 409–416

-Smith, N.; S. A. Mori, A. Henderson, D. W. Stevenson & S. V. Heald .2004.

Swenson, U. & A. Anderberg. 2005. Phylogeny, evolution and classification of Sapotaceae (Ericales). *Cladistics* 21: 101- 130.

Harcombe, P., Mann-Leipzig, L., y Elsik, I. (2009). Effects of hurricane Rita on three long-term forest study plots in east Texas, USA. *Wetlands*, 29(1), 88-100.

Granzow, Í., Zamora, N., Vandermeer, J., y Boucher, D. (1997). Diversidad de especies arbóreas en el bosque tropical húmedo del Caribe nicaragüense siete años después del huracán

Harmon, M., Whigham, D., Sexton, J., y Olmsted, I. (1995). Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forests of the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. *Biotropica*, 305-316.

Lamprecht, J. (1986). Structure and causation of the dominance hierarchy in a flock of bar-headed geese (*Anser indicus*). *Behaviour*, 96(1-2), 28–48. <https://doi.org/10.1163/156853986X00207>

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos*. Universidad de Göttingen, Eschborn: GTZ.

LUGO, A.E.; ROGERS, S.C. & NIXON, S. 2000. Hurricanes, coral reefs and rainforests: resistance, ruin and recovery in the Caribbean. *Ambio*29: 106-114.

Tanner, E., Kapos, V., y Healey, J. (1991). Hurricane effects on forest ecosystems in the Caribbean. *Biotropica*, 513-521.

Tadeo Noble, Alfredo E.; De Los Santos Posadas, Héctor M.; Ángeles Pérez, Gregorio; Torres Pérez, Jorge A. Muestreo por conglomerados para manejo forestal en el Ejido Noh Bec, Quintana Roo Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 5, núm. 25, septiembre-octubre, 2014, pp. 64-83

Turner, M., Baker, W., Peterson, C., y Peet, R. (1998). Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems*, 1(6), 511-523.

Vester, H., y Olmsted, I. (2000). Efecto de los huracanes en la selva. In V. H. F. M. (coord.) (Ed.), *Influencia de los huracanes en el paisaje de yucatán. Consideraciones para el diseño de corredores y su manejo. Informe de proyecto* (pp. 216). México.

Vester, H.F.M. 2002. Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la península de Yucatán. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 71: 45-57.

Waagmeester, N. 1996. The CELOS Management System (CMS) has to come out in the open. In Schmidt, P., Schotveld, A. (Eds.) *Sustainable management of the*

Whitmore, T., y Burslem, D. (1998). Dynamics of Tropical Communities: 37th Symposium of the British Ecological Society. In C. U. Press (Ed.), *Dynamics of Tropical Communities* (pp. 650): Blackwell Science Ltd.

WHIGHAM, D.F.; OLMSTED, I.; CABRERACANO, E. & HARMON, M.E. 1991. The impact of hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in dry tropical forest in the northeastern Yucatan peninsula. *Biotropica* 23:434-441.

Zúñiga T, J.C. Godoy, C. Elton, C. Galindo-Leal, L. Cardenal. 2002. El Corredor Biológico Mesoamericano: una plataforma para el desarrollo regional sostenible. Serie Técnica (01) para la consolidación del proyecto. CCAD. Managua Nicaragua.

IX. ANEXOS

