



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA MATERIA
ORGÁNICA EN SUELO Y LA VEGETACIÓN EN QUINTANA ROO”**

**TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE**

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

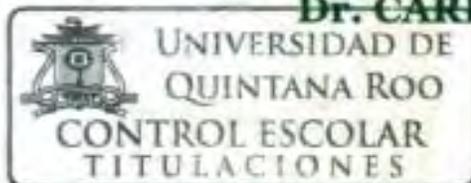
**PRESENTA
ZULMA NATALI BARRANCO BETANCOURT**

**DIRECTOR DE TESIS
Dr. ALBERTO PEREIRA CORONA**

**ASESORES
Dra. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN
M. en C. BENITO PREZAS HERNÁNDEZ
M.E.S.P. JOSÉ ANTONIO OLIVARES MENDOZA
Dr. CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES**



DCI DIVISIÓN DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD DE
QUINTANA ROO
CONTROL ESCOLAR
TITULACIONES**



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJO DE TESIS TITULADO
"DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA MATERIA ORGÁNICA EN SUELO Y LA
VEGETACIÓN EN QUINTANA ROO"

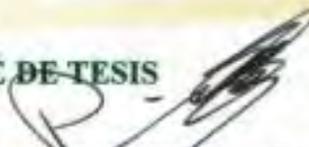
ELABORADO POR
ZULMA NATALI BARRANCO BETANCOURT

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

CARRERA

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:


Dr. ALBERTO PEREIRA CORONA

ASESORA:


Dra. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN

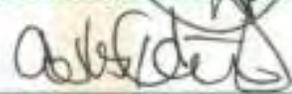
ASESOR:


M. en C. BENITO PREZAS HERNÁNDEZ

ASESOR:


M.E.S.P. JOSÉ ANTONIO OLIVARES MENDOZA


ASESOR: UNIVERSIDAD DE
QUINTANA ROO
CONTROL ESCOLAR
TITULACIONES


Dr. CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
Justificación	8
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	10
1.1 El carbono	12
1.2 Ciclo del carbono	12
1.3 Reservorios de carbono en bosques	13
CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO	15
2.1 Quintana Roo	15
2.2 Clima	17
2.3 Hidrología	18
2.4 Geología	22
2.5 Suelos	23
2.7 Uso agrícola del suelo	38
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	40
3.1 Selección del sitio de muestreo	40
3.2 Colecta de muestras	40
3.3 Procesamiento de muestras	41
3.4 Procedimiento para la obtención de resultados	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
5.1 Caracterización de los sitios de muestreo	43
5.2 Cuantificación de carbono fijado en la biomasa en descomposición	55
5.2.1 Determinación del contenido de carbono en la hojarasca	56
5.2.2 Determinación de contenido de carbono en el mantillo	63
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	77

Índice de figuras.

Figura 1. Ciclo del carbono. Elaboración propia basado en Harrison (2003).	13
Figura 2. Reservorios de carbono en las comunidades vegetales. Elaboración propia basada en el IPCC (2003).	15
Figura 3. Subtipos de clima en el estado de Quintana Roo. Fuente: Fragoso-Servón (2015).	20
Figura 4. Río Hondo, La Unión, Quintana Roo.	21
Figura 5. Laguna de San Felipe Bacalar.	21
Figura 6. Perfiles de los tres principales suelos de Quintana Roo. 1) Leptosol 2) Gleysol y 3) Cambisol.	24
Figura 7. Grupos de suelos de Quintana Roo. Fuente: Fragoso-Servón (2015).	25
Figura 8. Tipos de Vegetación en el Estado de Quintana Roo. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAFOR-SEMARNAT (2013).	27
Figura 9. Selva Mediana Subperennifolia (SMQ)	30
Figura 10. Selva Mediana Subcaducifolia (SMS).	30
Figura 11. Vegetación de selva baja subcaducifolia (SBS).	31
Figura 12. Vegetación de palmar natural.	33
Figura 13. Manglar rojo en X'cachel-X'cachelito.	34
Figura 14. Mangle negro presente en X'cachel-X'cachelito.	35
Figura 15. Scaevola plumieri en X'cachel-X'cachelito.	36
Figura 16. Delimitación del punto de muestreo.	41
Figura 17. Diagrama metodológico	42
Figura 18. Dendrograma del contenido de carbono almacenado en la hojarasca por cobertura vegetal (gr/m^2).	60
Figura 19. Diagrama de caja y bigotes de la densidad de carbono (Mg C ha^{-1}) en hojarasca por cobertura vegetal.	61
Figura 20. Contenido de carbono de la hojarasca en Quintana Roo. Elaboración propia. ...	62
Figura 21. Dendrograma del contenido de carbono almacenado en mantillo por cobertura vegetal (gr/m^2).	65

Figura 22. Diagrama de caja y bigotes de la densidad de carbono (Mg C ha ⁻¹) en mantillo por cobertura vegetal.	67
Figura 23. Contenido de carbono del mantillo en Quintana Roo. Elaboración propia.....	68
Figura 24. Contenido de hojarasca en Quintana Roo. Elaboración propia.....	71
Figura 25. Contenido de carbono de la biomasa muerta en Quintana Roo. Elaboración propia.	72

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Población total y relación hombres-mujeres de Quintana Roo. Fuente: INEGI, Sistema de cuentas nacionales de México. Encuesta intercensal 2015. www.inegi.org.mx (10/02/2016).	16
Cuadro 2. Producto Interno Bruto(PIB) trimestral según actividad del estado de Quintana Roo. INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México. Estadística: Economía. www.inegi.org.mx (22/05/2017).	17
<i>Cuadro 3. Ciclones tropicales con influencia en el territorio estatal a partir del 2000. Fuente: Protección civil y CONAGUA. http://proteccioncivil.qroo.gob.mx. https://www.gob.mx/conagua.</i>	19
Cuadro 4. Grupos de suelos de Quintana Roo. Fuente: Fragoso-Servón (2015).....	24
Cuadro 5. Superficie forestal de las formaciones por estado sucesional.....	28
Cuadro 6. Aprovechamiento forestal maderable. Volumen y valor. Fuente: SEMARNAT (2016)	39
Cuadro 7. Aprovechamiento forestal no maderable. Volumen y valor. Fuente: SEMARNAT (2016)	39
Cuadro 8. Producción agrícola por municipio.....	39
Cuadro 9. Principales cultivos, superficie y rendimiento en el estado de Quintana Roo. Fuente: SAGARPA (2014).....	40
Cuadro 10. Descripción de sitios de muestro de acuerdo con la combinación suelo-vegetación.....	55
Cuadro 11. Biomasa de hojarasca por sitio de muestro. *Se promedió el peso de dos muestreos con la misma combinación suelo-vegetación.....	57

Cuadro 12. Concentración de carbono expresada en porcentaje para cada sitio de muestreo.	57
Cuadro 13. Carbono almacenado en la hojarasca por cobertura vegetal.....	59
Cuadro 14. Biomasa del mantillo por sitio de muestro. *Se promedió el peso de dos muestreos con la misma combinación suelo-vegetación.	63
Cuadro 15. Concentración de carbono expresada en porcentaje para cada sitio de muestreo.	64
Cuadro 16. Carbono almacenado en el mantillo por cobertura vegetal.....	66
Cuadro 17. Contenido de hojarasca por cobertura vegetal.....	69
Cuadro 18. Contenido de mantillo por cobertura vegetal.....	70

Índice de Anexos.

Anexo 2. Colecta de muestras de hojarasca y mantillo.....	77
Anexo 3. Materiales y equipo.....	77
Anexo 4. Dureza y contenido de taninos en las especies vegetales levantadas en campo. Fuente: (CONAFOR, 2014), Sosa Rubio (et al., 2004), CONAFOR (2012), , Rebollar and Quintanar (2000), Mendoza and Pérez (2011), Griseb (1860) y Roja and Vibrans (2010).	81

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales juegan un papel de gran importancia en el ciclo global del carbono. Desafortunadamente, a nivel mundial grandes extensiones han sido alteradas o destruidas. Quintana Roo no es la excepción, sin embargo, aún cuenta con áreas de vegetación primaria en buenas condiciones. Es necesario que, para que se mantengan y puedan ser aprovechadas, así como revertir el daño en las áreas afectadas, se tenga una línea base para el futuro manejo sustentable de los distintos ecosistemas vegetales que se distribuyen en el territorio.

Considerando lo anterior y la escasa información que hay para el Estado, este trabajo tiene como propósito generar la primera estimación del contenido de carbono y distribución espacial por cobertura vegetal incluida en la hojarasca y mantillo (acervos dados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático) de las siguientes coberturas vegetales: la selva mediana subperennifolia (SMQ), selva mediana subcaducifolia (SMS), selva baja subperennifolia (SBQP), selva baja subcaducifolia (SBS), selva baja inundable subperennifolia (SBIQ), selva baja espinosa subperennifolia (SBQ), manglar (VM), vegetación de palmar natural (VPN), palmar inducido (VPI), matorral costero, duna costera (VU), petén (VPT) y por último, la vegetación de tular (VT).

Otro de los propósitos de este trabajo es analizar la relación del contenido de carbono de la materia orgánica sobre el suelo por tipo de vegetación utilizando los sistemas de información geográfica a escala 1:250,000. Esto es, relacionando los resultados con las características que presenta la vegetación muestreada, las especies vegetales dominantes y su fenología, identificando si es una madera dura o blanda, así como el contenido de taninos, ya que estas y otras condiciones en las que se desarrolla la cobertura vegetal explican por qué se produce y acumula cierta cantidad de biomasa muerta o en su caso por qué no encontramos.

La biomasa producida en estas vegetaciones es transformada a través del proceso de degradación. La cantidad de biomasa de las muestras obtenidas *in situ* por tipo de vegetación depende de la estacionalidad en la caída de los desperdicios o material muerto (deposición) y la velocidad con la que se realiza este proceso, esta velocidad es variable y depende de las

condiciones del ambiente en la cual se desarrolla, así como en el contenido de proteína, celulosa, lignina y de la composición química del tejido en descomposición, el cual ofrecerá mayor o menor resistencia a los microorganismos. La hojarasca puede ser removida cuando se deposita en sitios inundados o cuando no existen formas para retener la biomasa, introduciendo otro aspecto a considerar en la revisión de este material.

Este trabajo se ha organizado en 5 capítulos, el primer capítulo abarca los antecedentes. En el segundo capítulo se describe el área de estudio, una descripción amplia dividida en siete subcapítulos sobre el Estado de Quintana Roo. Para determinar la cantidad de carbono que almacenan las diferentes formaciones vegetales, es necesario valerse de técnicas de muestreo eficientes y la metodología que se aplicó en este trabajo se encuentran en el tercer capítulo. El cuarto capítulo corresponde a los resultados que se obtuvieron, así como la caracterización de los sitios de muestro y, por último, el quinto capítulo el cual contiene las conclusiones.

Justificación

Los temas del cambio climático, calentamiento global, los gases de efecto invernadero y las consecuencias negativas que tendrá sobre la calidad de vida de los seres humanos ha sido un tema de discusión en los ámbitos, científico, político, económico y ambiental que a nivel internacional están marcando una concienciación creciente sobre la importancia de los servicios ambientales de las selvas, a través de la captura de carbono y los pagos asociados a ello, puesto que juegan un papel importante para la reducción de la deforestación y otros cambios en el uso de la tierra.

De acuerdo a la SEMARNAT e INE hasta el 2001 en México no se contaba con suficiente información de los almacenes de carbono por tipo de ecosistema o uso de suelo, por lo tanto, tampoco existe información detallada por vegetación y stock de carbono en Quintana Roo, existen varias investigaciones que se enfocan en la biomasa de árboles vivos o vegetación secundaria, como son las investigaciones de Jong (2013) y Puc et al. (2015).

Las selvas de Quintana Roo son de gran importancia natural, además tiene mejor conservada su cobertura vegetal primaria en la Península de Yucatán (Chiappy et al., 2000).

Ante la necesidad de nuevas estrategias de manejo, ampliar la información del contenido de carbono de las diferentes coberturas vegetales es primordial para la conservación de las selvas

del Estado, ya que si no sabemos qué tenemos, cuánto y en qué estado se encuentra no podemos hacer mucho por su conservación o manejo. También es necesario orientar los inventarios al carbono almacenado en la materia orgánica sobre el suelo y no solo de la biomasa viva, ya que por los procesos de descomposición de las hojas caídas, ramas y organismos más de la mitad del carbono se incorpora nuevamente al suelo (Roji, 2008).

Objetivo general

Estimar el contenido de carbono total en la materia orgánica depositada sobre el suelo y su relación con las diferentes coberturas vegetales en Quintana Roo.

Objetivos específicos

- Calcular el contenido de carbono total de la hojarasca por tipo de cobertura vegetal en Quintana Roo.
- Calcular el contenido de carbono total del mantillo por tipo de cobertura vegetal en Quintana Roo.
- Analizar la relación del contenido de carbono de la materia orgánica depositada sobre el suelo por tipo de vegetación.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

El Panel Intergubernamental ante el Cambio Climático (IPCC) define al cambio climático como “el aumento en la temperatura promedio superficial del planeta producida como consecuencia de un aumento importante y rápido de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera” (IPCC, 2001). Estos gases han venido incrementándose a partir de las actividades humanas (Rodríguez-Laguna, et al. 2009). Entre las actividades humanas que contribuyen al incremento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, está la deforestación en dos formas: disminuyendo la cobertura vegetal capaz de fijar carbono atmosférico y promoviendo la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera a través de la quema y descomposición de biomasa incluida la materia orgánica en los suelos (Pérez *et al.*, 2013), así como la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero en menor proporción, a los cambios de uso de la tierra (Pachuri and Resinger, 2007).

El efecto invernadero, no es solo una cuestión provocada por el hombre, es un proceso natural que influye en el calentamiento de la superficie de la tierra, bajo la acción de la radiación solar. Los gases de efecto invernadero en la atmósfera permiten que la mayor parte de la radiación solar incidente penetre hasta la superficie del planeta, ésta absorbe y reemite parte de la radiación infrarroja que el planeta regresa al espacio exterior (Fragoso, 2003), los gases de efecto invernadero evitan que toda la radiación emitida se pierda, al absorberla o remitirla hacia la superficie de la Tierra. El IPCC (2007) menciona que se generan cuatro gases de efecto invernadero de larga permanencia estos son el bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro o bromo).

El CO₂ es el más importante de los GEI's que se producen por la actividad humana, tanto en términos de su cantidad como de su potencial efecto sobre el calentamiento global (Connolly and Corea, 2007).

Entonces la reducción de las emisiones de carbono derivadas de la deforestación y la degradación es de importancia central en los esfuerzos para combatir el cambio climático. Ya que, al talar los bosques, se libera a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO₂), mismo que se tenía almacenado (Gibbs *et al.*, 2007).

El IPCC (1997) menciona que ante la preocupación mundial sobre las repercusiones que conlleva el cambio climático global, en las últimas dos décadas se han realizado importantes foros, convenciones y acuerdos internacionales en torno a la reducción de las emisiones por actividades humanas de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Como una opción dentro de los esfuerzos globales de mitigación surge el mecanismo REDD+ (reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la Deforestación y la Degradación de los bosques) bajo la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). La definición de REDD+ incluye la reducción de emisiones por deforestación, la reducción de emisiones por degradación forestal, el manejo sostenible de los bosques, la conservación y el aumento de las existencias de carbono en los bosques.

Los bosques son ecosistemas terrestres que juegan un papel importante en el ciclo global del carbono (Connolly and Corea, 2007). Es por ello que ejercen influencia sobre el clima afectando el ciclo hidrológico y energético del planeta, así como la composición atmosférica (Balvanera, 2012). Esto se debe a que los bosques y selvas capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca (Torres and Guevara, 2002). De acuerdo a Gibbs *et al.*, (2007) los bosques capturan y almacenan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y son un importante "freno" natural sobre el cambio climático. Estas grandes cantidades de carbono se almacenan en los distintos reservorios que constituyen los bosques.

En México el manejo de las áreas naturales protegidas y los bosques naturales son una de las mejores opciones para la captación de carbono de acuerdo a Rodríguez-Laguna (2009).

Existen estudios que se realizan en comunidades vegetales a distintas escalas como es el caso de Puc (2015) en el cual calcularon la biomasa aérea viva y el carbono en Bacalar que incluye árboles juveniles y adultos, palmas y lianas correlacionándolo con la edad de abandono de las tierras con usos agrícolas, otros estudios sobre selvas altas perennifolias con vegetación secundaria por Tinoco (2013) o el estudio de Jong (2013) en el cual presenta como resultado la distribución espacial de la biomasa presente en los árboles vivos en las selvas de la Península de Yucatán.

1.1 El carbono

El carbono (C) está ampliamente distribuido en la naturaleza y es un elemento crucial en la composición orgánica en la que al unirse con otros elementos se forman las moléculas más importantes para la vida (Jaramillo, 2004). El dióxido de carbono (CO₂) es un gas presente en la naturaleza a partir de la unión molecular del carbono y el oxígeno durante la respiración, y es resultante también de la quema de combustibles de origen fósil y biomasa (IPCC, 2001).

1.2 Ciclo del carbono

El ciclo del carbono es empleado para describir el flujo o transferencia de este elemento a través de una reserva de carbono a otra (IPCC, 2001).

De acuerdo con Harrison (2003) esta circulación consta de dos fases; el ciclo geoquímico (figura 1(A)) y el ciclo biológico (figura 1(B)), que ocurren a escalas tanto de tiempo como en espacio totalmente diferentes. En la primera, funciona a una escala de tiempo de millones de años, en la que el carbono a través de diversos procesos es reciclado entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre. La segunda fase igual juega un rol importante en el flujo del carbono, se caracteriza por el intercambio del CO₂ presente en la atmósfera a la vegetación como resultado de la fotosíntesis (ver I en la figura 1), y el intercambio inverso es el resultado de la descomposición de la materia orgánica (ver III en la figura 1). El CO₂ se transforma en carbohidratos (azúcares) debido a la fotosíntesis, proceso químico que tiene lugar en las plantas, durante el día, las hojas absorben la luz solar y el dióxido de carbono se transforma en biomasa rica en energía (ver II en la figura 1), que es aprovechado por las mismas plantas, organismos del suelo (descomponedores) y por animales. Estos carbohidratos de la biomasa (mantillo, ramas, árboles) al consumirse por la degradación metabólica (respiración) y también derivado por los cambios de uso de suelo y uso de combustibles fósiles se libera dióxido de carbono nuevamente a la atmósfera (ver IV en la figura 1). De acuerdo con el autor previamente citado, la cantidad de carbono que se transforma a través de la primera fase en un periodo anual es 1,000 veces menor que la cantidad de carbono que se mueve en la segunda fase, es decir el flujo de carbono de la

superficie terrestre con la atmósfera es mayor que con los océanos, de ahí el papel que juegan los ecosistemas terrestres en el ciclo del carbono, especialmente los bosques.

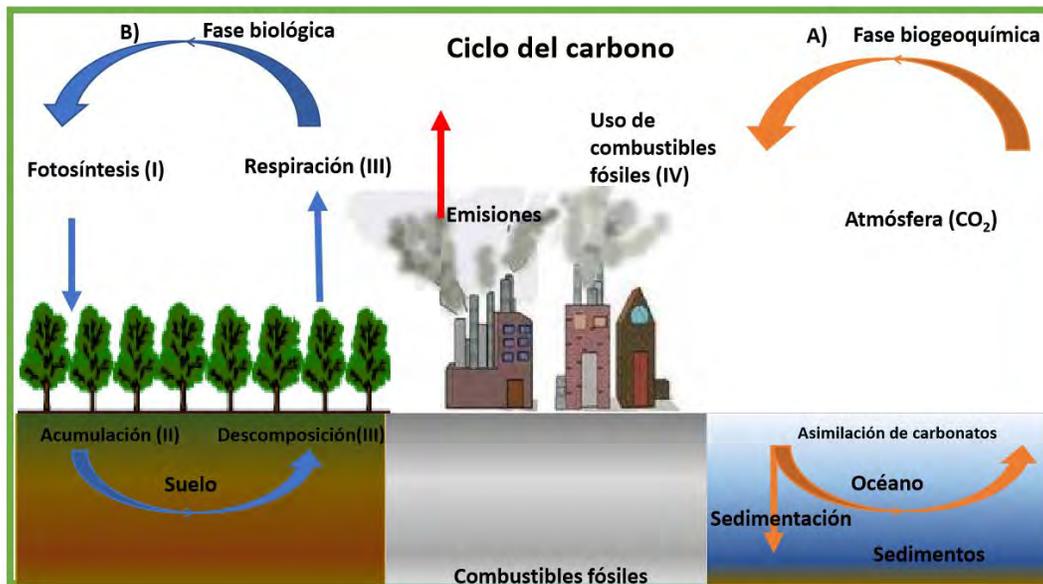


Figura 1. Ciclo del carbono. Elaboración propia basado en Harrison (2003).

Es importante distinguir entre carbono almacenado y el flujo de carbono, de esta manera cuando nos referimos a “fuente de carbono”, se refiere a la existencia de un flujo neto de carbono desde el sistema a la atmósfera, mientras que “sumidero de carbono”, es el flujo en sentido inverso, de la atmósfera al sistema. La absorción neta de carbono se lleva a cabo principalmente en los sistemas forestales, actuando como sumidero, contribuyendo a reducir el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera. Aunque también se pueden considerar como fuentes de carbono cuando los bosques sufren perturbaciones como la deforestación (Pregitzer y Euskirchen, 2004).

1.3 Reservorios de carbono en bosques

Un reservorio es aquel que tiene la capacidad de almacenar, acumular o liberar una sustancia de interés. Los océanos, los suelos y los bosques son ejemplos de reservorios de carbono capaces de fijarlo para eliminarlo de la atmósfera (IPCC, 2001).

El IPCC (2003) define los almacenes de carbono de las comunidades vegetales en cinco reservorios (Figura 2):

El primero se refiere a la biomasa viva sobre el suelo con inclusión de tallos, ramas, corteza, semillas y follaje, de árboles, arbustos y herbáceas.

El segundo es la biomasa viva por debajo del suelo, es decir, la biomasa viva de raíces vivas. Excluyendo aquellas raíces finas de menos de (sugerido) 2 mm de diámetro porque con frecuencia en campo no se pueden distinguir de la materia orgánica del suelo o mantillo.

El tercero se refiere a la biomasa muerta sobre el suelo. Esta comprende toda la biomasa no viva, no incluida en el mantillo, ya sea en pie, superficial o en el suelo. La madera muerta que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones.

El cuarto almacén es mantillo, este es aquella biomasa no viva que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de hojarasca y horizonte de fermentación.

Y, por último, el reservorio suelo, aquel que comprende el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad especificada elegida por el país. Las raíces finas vivas se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando estas no pueden distinguirse.

De acuerdo a Ordóñez y Maserá (2001) los tres reservorios que almacenan grandes cantidades de carbono son el suelo, la vegetación (biomasa viva) y el mantillo (biomasa muerta).

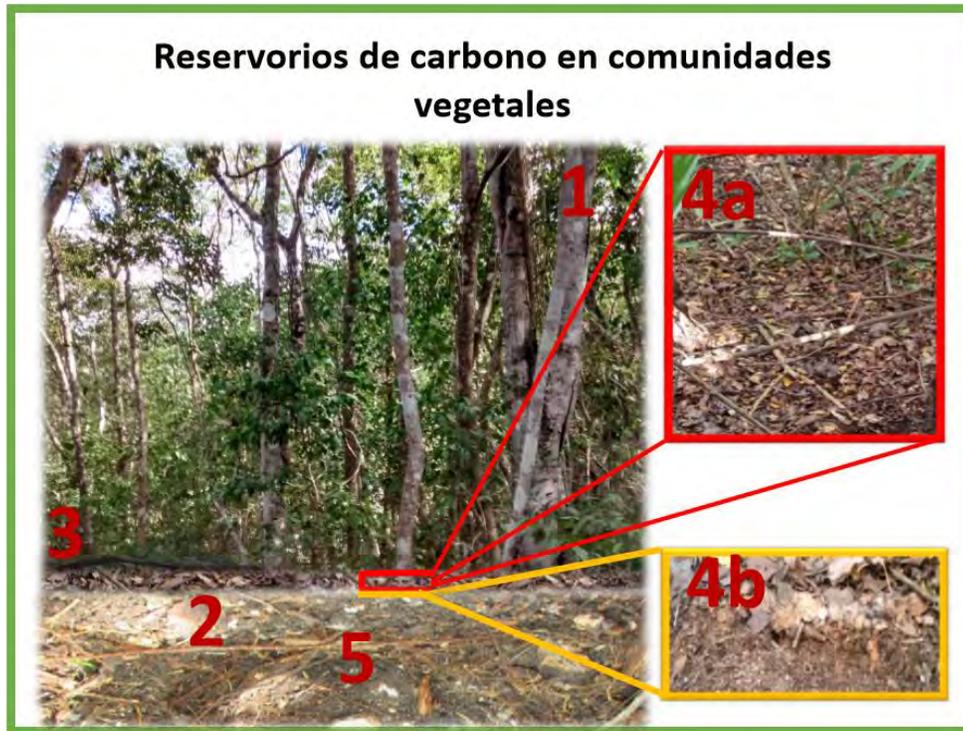


Figura 2. Reservorios de carbono en las comunidades vegetales. Elaboración propia basada en el IPCC (2003).

CAPÍTULO II. ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Quintana Roo

El Estado de Quintana Roo se ubica en el sureste del país y se sitúa en la parte oriental de la unidad morfológica XI, conocida como Península de Yucatán (INEGI, 2015). La extensión territorial del estado es de 50,843 km², entre las coordenadas al norte 21° 36' 22", al sur 17° 53' 49", de latitud norte, al este 86° 42' 36", al oeste 89° 18' 00" de longitud oeste (CONAFOR, 2013). Limita al norte con el Golfo de México y al este con el Mar Caribe, al Oeste y Noroeste con los estados de Yucatán y Campeche y al Sur con el país de Belice y al Sudoeste con la República de Guatemala (Ballesteros, s. f. n.).

En el estado de Quintana Roo debido a sus características geográficas, económicas y culturales se reconocen tres grandes zonas: la zona Norte, en la cual se encuentra el corredor turístico Cancún-Tulum; la zona Maya, nombrada así porque concentra el mayor asentamiento de esta etnia; y la zona Sur, en la que se localiza la capital del estado Chetumal (Ballesteros, s. f. n.). Está dividido en 11 municipios: Bacalar, Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carillo Puerto, Isla Mujeres, José María Morelos, Lázaro Cárdenas, Othón Pompeyo Blanco,

Solidaridad, Tulum, y recientemente de acuerdo con el artículo 127 del Decreto número 343 publicado por el Diario Oficial de la Federación (2015) se adiciona el onceavo municipio Puerto Morelos.

De acuerdo al INEGI (2016) en el 2015 el Estado de Quintana Roo vivía una población de 1,325,578 habitantes, de los cuales 750,024 eran mujeres y 751,538 hombres. Quintana Roo tenía el 1.2% de la población total del país (INEGI, 2016a), ocupando el lugar 26 a nivel nacional en población y en localidades urbanas, solamente 22 % en áreas rurales. El municipio más poblado es Benito Juárez, cuya cabecera municipal es Cancún, seguido por Othón P. Blanco (INEGI, 2016b) (Cuadro 1).

POBLACIÓN TOTAL Y RELACIÓN HOMBRES-MUJERES DE QUINTANA ROO			
MUNICIPIO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
BENITO JUÁREZ	370758	372868	743626
OTHÓN P. BLANCO	108635	115445	224080
SOLIDARIDAD	109224	100410	209634
COZUMEL	42577	43838	86415
FELIPE CARRILLO PUERTO	40542	41200	81742
BACALAR	19481	19630	39111
JOSÉ MARÍA MORELOS	19194	18308	37502
TULUM	17125	15589	32714
LÁZARO CÁRDENAS	13831	13412	27243
ISLA MUJERES	10171	9324	19495
ESTADO	751538	750024	1501562

Cuadro 1. Población total y relación hombres-mujeres de Quintana Roo. Fuente: INEGI, Sistema de cuentas nacionales de México. Encuesta intercensal 2015. www.inegi.org.mx (10/02/2016).

En el aspecto económico Quintana Roo ha tenido una participación significativa en el Producto Interno Bruto (PIB) respecto al total nacional, en el cual, a nivel estatal, el sector terciario sobre sale ante los otros dos sectores, ya que, desde el impulso al turismo en la década de los 70's a la actualidad, el sector terciario los ha ido desplazando y, por lo tanto, ha dominado la economía estatal. Por mencionar un ejemplo: el PIB trimestral del 2014 al 2017 total y por sectores económicos, las actividades primarias y secundarias en el año 2015 disminuyen drásticamente, a un solo año de diferencia con respecto al 2014, y en el 2016 en

el primer trimestre de la actividad primaria es negativa, tanto como en el tercer y cuarto trimestre de las actividades secundarias, mientras el sector terciario aumento casi el 50% del PIB en el 2015 y aunque en el 2016 se mantuvo por debajo del cuarto trimestre del 2015, se mantuvo constante como se puede observar en el Cuadro 2, por lo que permanece como la base del crecimiento económico.

Producto interno bruto trimestral a precios constantes según actividad				
(Variación porcentual anual)				
Periodo	Total	Actividades primarias	Actividades secundarias	Actividades terciarias
2014				
I	2.29	5.40	2.82	1.70
II	1.76	3.37	1.98	1.33
III	2.31	7.50	3.04	1.66
IV	2.71	2.13	2.92	2.51
2015				
I	2.82	5.37	1.95	3.11
II	2.50	0.53	0.65	3.44
III	2.82	0.50	1.24	3.65
IV	2.48	0.40	0.09	3.80
2016				
I	2.16	-0.62	0.00	3.43
II	2.60	3.86	0.83	3.32
III	2.04	5.53	-0.86	3.37
IV	2.34	5.33	-0.06	3.39
2017				
IP	2.76	6.64	0.49	3.73

Cuadro 2. Producto Interno Bruto(PIB) trimestral según actividad del estado de Quintana Roo. INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México. Estadística: Economía. www.inegi.org.mx (22/05/2017).

2.2 Clima

El estado de Quintana Roo presenta en toda su extensión el clima Cálido (A) (CONAFOR, 2013). En su trabajo Fragoso-Servón (2015) identifica seis subtipos climáticos (Figura 3):

Am (f) i: El cual se distribuye solamente en la isla de Cozumel y representa el porcentaje más pequeño de los subtipos con sólo 1 %. El clima es cálido húmedo y con presencia de lluvias casi todo el año.

Aw₂(x') i w'': Se presenta en la costa, desde Xcalak hasta Puerto Morelos y en los límites con Belice y Guatemala. El cálido subhúmedo, con lluvias en verano, de todos los subtipos es el más húmedo.

Aw₁(x') i w'': Cálido subhúmedo, con lluvias en verano, es isotermal y presenta canícula. Este clima se distribuye al sur y norte de Aw₂(x') i w''.

Aw₁ i w'': Cálido húmedo, con lluvias en verano, régimen de humedad entre 5 y 10.2 mm de lluvia invernal, con presencia de canícula. Se distribuye en cinco municipios del estado ocupando la mayor extensión del mismo.

Aw₀(x') i w'': Se presenta en el extremo norte entre Chiquilá y Puerto Morelos; y en menor proporción al oeste de Felipe Carrillo Puerto y Bacalar.

Aw₀ i w'': Es el menos húmedo de los subtipos húmedos con lluvias en verano, entre 5 y 10.2 mm de lluvia invernal, isotermal y con presencia de canícula. Está ubicado en el centro oeste del Estado.

Otros factores que no por ser poco frecuentes dejan de ser importantes, las depresiones tropicales y los ciclones, se manifiestan durante los meses de mayo a noviembre, en el Cuadro 3 se puede observar año y lugar del estado en los que han azotado en los últimos 17 años.

2.3 Hidrología

La hidrografía de Quintana Roo consta de dos Regiones Hidrológicas (RH), definidas como Yucatán Este (RH33) y Yucatán Norte (RH32), la primera ocupa la mayor proporción de la superficie del estado con el 69.07%, que comprende dos cuencas; Bahía de Chetumal y la cuenca Cerradas, mientras que la RH32 abarca una superficie de 30.93% (CONAFOR, 2013). El área de estudio es uno de los pocos estados de la República Mexicana que no tiene problemas en el abastecimiento de agua para satisfacer las necesidades de sus habitantes, propiciado por las características del subsuelo y la elevada precipitación e infiltración.

Aunque existen corrientes superficiales (ríos, lagos, aguadas...) ubicadas en la región sur y suroeste gran parte de las corrientes superficiales son temporales, de bajo caudal y recorrido corto, formando lagunas, con excepción del Río Hondo, Río Escondido, Río Azul y Río

Ucum, y debido a las características del subsuelo kárstico, la fuente de abastecimiento de agua potable es principalmente del agua subterránea, a su vez, almacena el agua de desecho que se genera en el estado, conocidos como cenotes, estos son masas de agua que afloran hacia la superficie de la corteza terrestre; su origen radica en la erosión del agua de las cavernas, que las hace derrumbarse y desplomarse originando dichos afloramientos de agua (CONAFOR, 2013).

Ciclones tropicales con influencia en el territorio estatal a partir del 2000					
Año	Nombre	Entrada a tierra	Etapas y categoría	Periodo	Vientos máximos (km/hr)
2000	Keith	La Unión	Huracán categoría 1	28 de Septiembre al 6 de Octubre	140
2005	Emily	Cozumel y Playa del Carmen	Huracán categoría 5	10 al 21 de Julio	269
2005	Wilma	Cozumel y Puerto Morelos	Huracán categoría 5	15 al 28 de Octubre	324
2007	Dean	Mahahual	Huracán categoría 5	13 al 23 de Agosto	270
2008	Arthur	Suroeste de Chetumal	Huracán categoría 2	31 de Mayo a 2 de Junio	160
2008	Dolly	Cozumel y Cancún	Huracán categoría 2	20 al 24 de Julio	160
2010	Karl	Al norte del poblado de Calderitas	Huracán categoría 3	14 al 18 de Septiembre	195
2011	Rina	Felipe Carrillo Puerto, Cozumel, Isla Mujeres y Benito Juárez	Huracán categoría 2	23 al 28 de Octubre	174
2011	Harvey	Othón P. Blanco y Bacalar	Tormenta Tropical	19 al 22 de Agosto	91
2011	Don	Benito Juárez	Tormenta Tropical	27 al 30 de Julio	83
2012	Ernesto	Othón P. Blanco y Bacalar	Huracán categoría 1	1 al 10 de Agosto	140
2017	Franklin	Othón P. Blanco	Tormenta Tropical	7 al 9 de Agosto	95

Cuadro 3. Ciclones tropicales con influencia en el territorio estatal a partir del 2000. Fuente: Protección civil y CONAGUA. <http://proteccioncivil.qroo.gob.mx>. <https://www.gob.mx/conagua>.

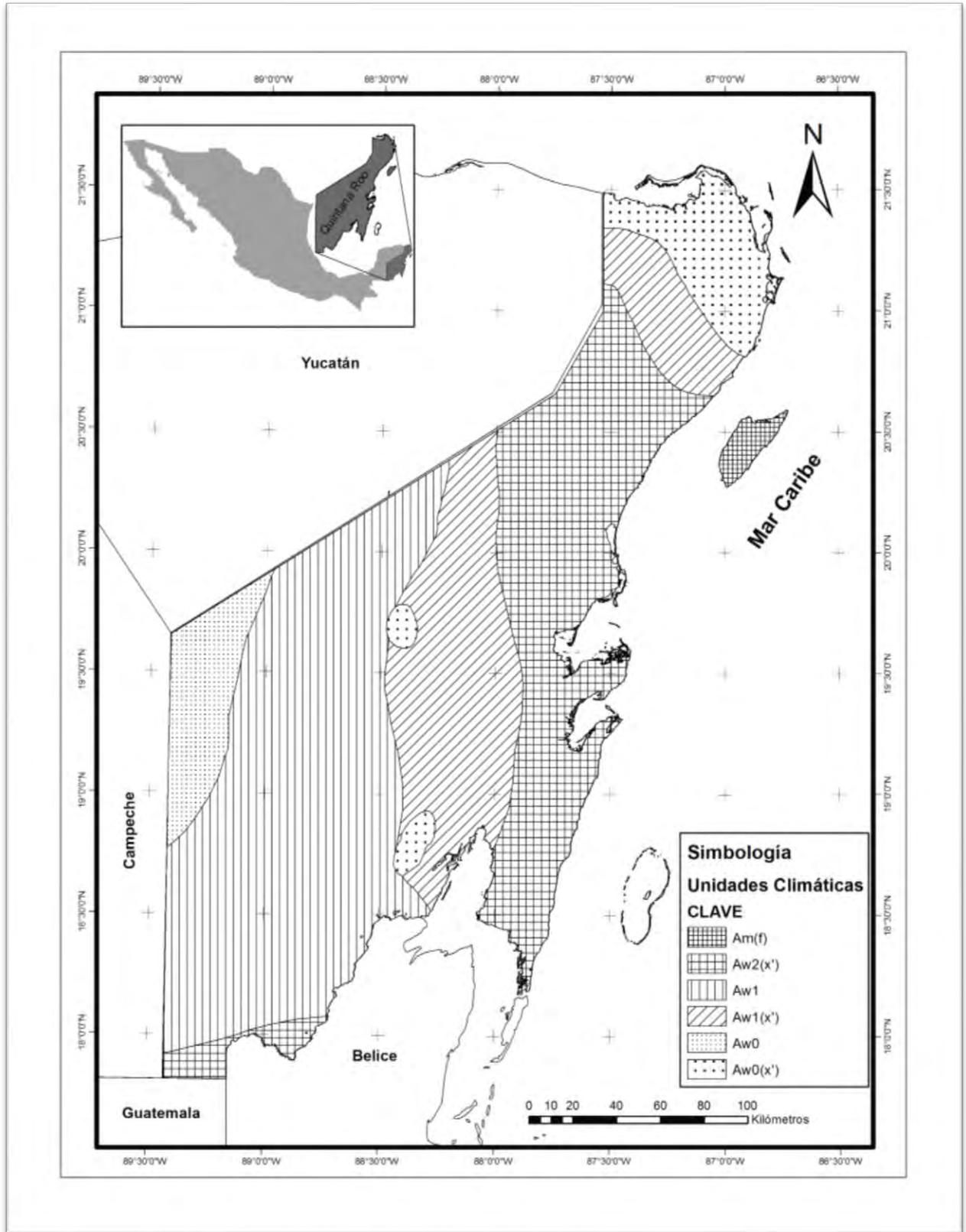


Figura 3. Subtipos de clima en el estado de Quintana Roo. Fuente: Frago-Servón (2015).



Figura 4. Río Hondo, La Unión, Quintana Roo.

De acuerdo con Pozo (2011) y CONAFOR (2013) existe una gran cantidad de cuerpos de agua en forma de lagunas dando un total de 33, resaltando por su belleza y tamaño la laguna de Bacalar. Otras lagunas importantes son Nichupté, San Felipe, Chakmochuk, Conil, Chichancanab, Noh-bec, Boca Paila, Campechén y Mosquitero.



Figura 5. Laguna de San Felipe Bacalar.

2.4 Geología

La península de Yucatán de la cual forma parte el área de estudio, geológicamente se considera una estructura relativamente joven, su origen sedimentario remonta a formaciones rocosas del Mesozoico, en las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una gigantesca loza caliza (UQRoo, 2004).

Además presenta una compleja formación geológica durante la era del Cenozoico, en los períodos Terciario reciente y Cuaternario, el primero, constituido principalmente por una continuidad de capas calcáreas de origen marino, debido a que emergió del mar y por esa razón abundan los ríos subterráneos, el segundo, aflora hacia las zonas costeras que corresponden a depósitos calcáreos expuestos después de la emersión de la península (INEGI, 2016b).

La geología superficial de Quintana Roo se caracteriza por la escasa presencia de suelo, en mayor porcentaje se compone de caliza, también existen calizas blandas que son conocidas como sascab (tierra blanda) por la cultura maya (BIODIVERSIDAD 2010).

De acuerdo con UQRoo (2004) y Fragoso-Servón (2015) la superficie de Quintana Roo en la Península de Yucatán se observan cuatro unidades o geosistemas principales:

1. En la zona norte, la dominancia de una planicie estructural altamente permeable con una ligera inclinación al norte y con un sistema de fallas dirección (NO-SE), el drenaje superficial es típicamente kárstico por la naturaleza suave y porosa de los sedimentos que conforman la estructura, domina una planicie con lomeríos de poca altura y se manifiesta por la misma naturaleza del terreno una ausencia total de escurrimientos superficiales dificultando la delimitación de cuencas o subsistemas en la región.
2. En la región sur, existe alternación de planicies internas con mesetas de desarrollo kárstico que llegan alcanzar hasta los 380 msnm, en esta región se pueden observar distintas unidades litológicas de origen sedimentario con depósitos calcáreos y detríticos de diferentes edades, se pueden encontrar algunos afloramientos expuestos del terciario inferior que presentan en su base lutitas de color verde con abundantes formaciones yesosas.
3. Al este, sobre la costa se aprecia un geosistema conformado por bloques de hundimiento, producto de actividad tectónica, en la que abundan distintos depósitos, cuya formación

principal está dada por materiales de ligeros sedimentos, arena con conchas, lodo calcáreo, arcilla y arena.

4. Al Oeste y Sur del Estado, presenta dominancia de rocas calizas arcillas, parcialmente silicificadas del Paleoceno, se pueden encontrar cubiertas por una capa de caliche y por arenas margosas.

2.5 Suelos

En Quintana Roo se distribuyen suelos jóvenes y poco desarrollados, se encuentran en “parches” de distinta extensión, pueden ser desde unos cuantos metros hasta varias hectáreas. De acuerdo con la clasificación Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) en el estado se distribuyen 14 de los 32 grupos de suelos que hay México (Fragoso-Servón et al., 2017).

En el Cuadro 4 puede observarse el porcentaje que abarcan los grupos de suelos presentes en el estado.

El Leptosol se distribuye en la mayor superficie territorial abarcando el 48.47%, dominando la zona norte y centro (Figura 7), estos son principalmente suelos delgados (menor de 25 cm de espesor) o con más de un 80% de piedras (Fragoso-Servón, 2015).

Los Gleysols son el segundo grupo de suelos más extenso, se encuentran en zonas de inundación cerca de las zonas costeras del norte y centro del área de estudio, abarcado el 15.47% (Fragoso-Servón; et al, 2017). Los suelos de los humedales o áreas pantanosas son principalmente de este grupo (CONAFOR, 2013).

Los Phaeozems son el tercer grupo más abundante (11.38%) y ricos en materia orgánica. Se encuentran en el occidente del Estado en las zonas con mayor relieve.

Los Vertisols (7.46%), caracterizados por ser profundos, color café, arcillosos y fértiles. Se ubican principalmente en la zona sur y sureste.

Los Luvisols abarcan el 5.5%, son suelos de color rojo, se encuentran en “parches” en el Municipio de Lázaro Cárdenas, en el centro y sur del estado.

Los Cambisols abarcan cerca del 5.04%, su distribución es escasa y se distribuye en manchones en la zona norte, centro y sur del estado.

Los Solonchaks ocupan el 2.26% del Estado, se distribuyen en zonas costeras y contienen altas cantidades de sales.

Los Histosoles y Arenosoles ocupan un poco más del uno por ciento, 1.26% y 1.05%, respectivamente. Los Arenosoles son de textura gruesa, se encuentran en casi toda la costa del Estado.

Cada uno de los grupos de suelos restantes (Nitisol, Calcisol, Kastañozem, Regosol y Fluvisol) abarcan menos del uno por ciento (Fragoso-Servón, 2015).

Grupo de suelo	Superficie (ha)	%
Leptosol (LP)	2452346.72	48.47
Gleysol (GL)	782927.46	15.47
Phaeozem (PH)	575975.61	11.38
Vertisol (VR)	377514.63	7.46
Luvisol (LV)	278484.66	5.5
Cambisol (CM)	255075.29	5.04
Solonchak (SC)	114348.1	2.26
Histosol (HS)	63380.86	1.25
Arenosol (AR)	52623.73	1.04
Nitisol (NT)	45745.75	0.90
Calcisol (CL)	11689.65	0.23
Kastañozem (KS)	7329.12	0.14
Regosol (RG)	1701.36	0.03
Fluvisol (FL)	266.53	0.01

Cuadro 4. Grupos de suelos de Quintana Roo. Fuente: Fragoso-Servón (2015).



Figura 6. Perfiles de los tres principales suelos de Quintana Roo. 1) Leptosol 2) Gleysol y 3) Cambisol.

2.6 Vegetación

Las formaciones vegetales de Quintana Roo, manifiestan una exuberante vegetación dada por su ubicación en la región neotropical. Su distribución como la de diferentes especies está determinada por el clima cálido (en forma de bandas de Norte-Sur y Este-Oeste), las características geológicas, tipos de suelo y topografía. Otro factor importante en la distribución de la vegetación es el nivel de saturación de agua en el sustrato (Fragoso-Servón-2015).

CONAFOR (2013) identifica cinco de las once formaciones consideradas en todo el país; selvas altas, medianas y bajas, manglar y otras asociaciones. Pozo (2011) y CONAFOR (2013) reportan la presencia de 16 comunidades vegetales características del estado (Figura 8):

1. Selva alta subperennifolia (SAQ)
2. Selva mediana subperennifolia (SMQ)
3. Selva mediana subcaducifolia (SMS)
4. Selva baja espinosa subperennifolia (SBQ)
5. Selva baja subcaducifolia (SBS)
6. Selva baja subperennifolia (SBQP)
7. Selva baja caducifolia (SBC)
8. Palmar inducido (VPI)
9. Palmar Natural (VPN)
10. Pastizal halófilo (PH)
11. Manglar (M)
12. Sabana (VS)
13. Vegetación de dunas costeras (VU)
14. Petén (VPT)
15. Tular (VT)
16. Popal (VA)

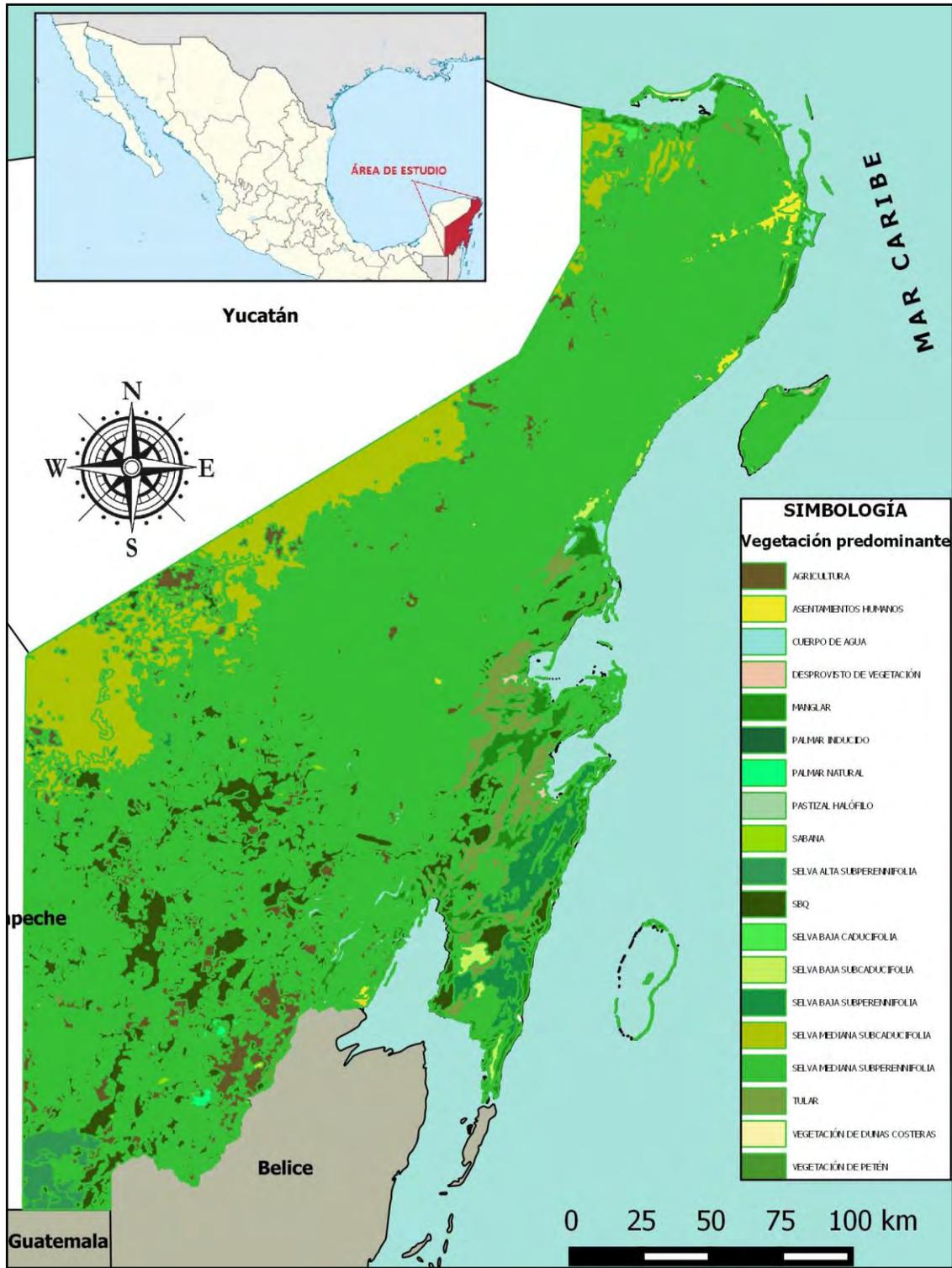


Figura 8. Tipos de Vegetación en el Estado de Quintana Roo. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CONAFOR-SEMARNAT (2013).

De acuerdo al Marco Geoestadístico Municipal (INEGI, 2010), la extensión territorial de Quintana Roo consta de 4,455,627.42 hectáreas, de las cuales 3,773,023.27 hectáreas se consideran como superficie forestal, lo que representa 84.68% del Estado; las restantes 682,604.15 son áreas no forestales. Por ello, Quintana Roo es considerado el estado con la vegetación natural mejor conservada en la Península de Yucatán.

La selva mediana subperennifolia es la vegetación más extensa, en menor proporción existen el tular-saibal, popal, tasistal (Pozo et al., 2011).

En cada uno de los 11 municipios del estado se concentra una alta proporción superficial forestal. Los municipios con mayor superficie forestal son Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco, siendo el primero con el porcentaje más alto de superficie forestal (91.9%), el municipio con menor superficie forestal es Cozumel con 41,696.55 ha.

De acuerdo con CONAFOR (2013) las formaciones y tipos de vegetación en Quintana Roo muestran perturbaciones de todos los niveles, reporta que únicamente el 37.8 % del total se encuentra en fase primaria, el resto es fase secundaria (62.2 %).

Las comunidades forestales más perturbadas se encuentran en las tres formaciones principales (Cuadro 5). Pero la de mayor impacto son las selvas altas y medianas, que tienen una superficie en sucesión secundaria de 2,051,365.66 hectáreas que representan el mayor porcentaje del total de la formación, le continúan las selvas bajas con una sucesión secundaria de 61.22 % en su superficie, con un total de 294,556.27 hectáreas.

Formación	Superficie (ha)	Primaria		Secundaria	
		Ha	%	Ha	%
Selvas altas y medianas	2,891,578.75	840,213.09	29.06	2,051,365.66	70.94
Selvas bajas	481,165.08	186,608.81	38.78	294,556.27	61.22
Manglar	183,242.94	181,306.92	98.94	1,936.02	1.06
Otras asociaciones	9,588.62	9,588.62	100	-	-
Otras áreas forestales	207,447.88	207,447.88	100	-	-
Total	3,773,023.27	1,425,165.32	37.77	2,347,857.95	62.23

Cuadro 5. Superficie forestal de las formaciones por estado sucesional.

Las siguientes descripciones se basan en Pozo (et al., 2011) y CONAFOR (2013):

1. Selva alta subperennifolia (SAQ)

Se localiza al suroeste de Quintana Roo en los límites con Campeche y la República de Guatemala. En el único municipio en el que se encuentra es en el de Othón P. Blanco en 75.24 ha. La selva alta puede alcanzar alturas entre 30 y 50 metros y se caracteriza porque en la estación seca del año pierden entre 25 y 50% de sus hojas. En donde se distribuyen presenta condiciones climáticas cálido-húmedas con precipitaciones promedio superiores a 1 300 mm anuales, se acentúa la época de sequía, ya que puede durar entre tres y cinco meses.

Las principales especies que destacan en esta formación vegetal son: ramón (*Brosimum alicastrum*), cedro rojo o kuyché (*Cedrela odorata*), pucté (*Bucida buceras*), zapote (*Manilkara zapota*), caoba (*Swietenia macrophylla*), machiche o chacté (*Lonchocarpus castilloi*), granadillo (*Dalbergia glomerata*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), jobo (*Spondias mombin*) y chakah (*Bursera simaruba*), ceiba o kapoc (*Ceiba pentandra*), palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), barí (*Calophyllum brasiliense*) entre otros. Son comunes también la epífitas del género *Philodendron* y barba española o heno (*Tillandsia usneoides*), destacan también las herbáceas como frijolillo y pata de vaca.

2. Selva mediana subperennifolia (SMQ)

Se distribuye en la mayor parte del estado, de norte a sur y de este a oeste, en la porción oeste extrema colinda con la selva mediana subcaducifolia. La distribución de esta vegetación no es totalmente homogénea, ya que otros tipos de vegetación se encuentran intercalados y dispersos a lo largo de esta selva. Los árboles de esta comunidad igual poseen gran cantidad de epífitas.

Los árboles pueden alcanzar una altura de entre 15 y 25 metros, con troncos menos gruesos que los de la selva alta subperennifolia, aun cuando se trata prácticamente de las mismas especies (Figura 9). Las especies más comunes son ramón (*Brosimum alicastrum*), chacá (*Bursera simaruba*), Sakpaj (*Byrsonima bucidaefolia*), Kitam che (*Caesalpinia gaumeri*), chechen negro (*Metopium brownei*), xtojyuub (*Coccoloba acapulcensis*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), entre otras. Se encuentran también helechos y musgos, así como abundantes

orquídeas, bromeliáceas y aráceas. Las palmas forman parte de los estratos, especialmente del bajo y del medio.

3. Selva mediana subcaducifolia (SMS)

Esta vegetación se distribuye al norte del estado y en el centro oeste, en el límite de Yucatán. La altura promedio es de entre 25 y 30 metros. Tanto la densidad como la cobertura en esta formación vegetal es mucho menor que la que se observa en selvas perennifolias y subperennifolias. Ver Figura 10.

Las especies distintivas son pich u orejón (*Enterolobium cyclocarpum*), jabín (*Piscidia piscipula*), bari (*Calophyllum brasiliense*), capulín (*Prunus serótina*), chechem negro (*Metopium brownei*), nance (*Byrsonima crassifolia*), zapote (*Manilkara zapota*), pomolche' (*Jatropha gaumeri*), caimito (*Chrysophyllum cainito*), jícaro (*Crescentia cujete*), ciricote (*Cordia dodecandra*), tsitsilche' (*Gymnopodium floribundum*), chakah (*Bursera simaruba*), tzalam (*Lysiloma bahamensis*), chechem blanco (*Sebastiania longicuspis*), entre otros.



Figura 9. Selva Mediana Subperennifolia (SMQ)



Figura 10. Selva Mediana Subcaducifolia (SMS).

4. Selva baja espinosa subperennifolia (SBQ)

Se distribuyen en zonas bajas y en terrenos que se inundan en la época de lluvias, pero se secan totalmente, se localizan de manera dispersa en el noreste y sur del estado. Los climas donde se desarrolla son cálido húmedo y subhúmedo con temperatura media anual mayor a los 24°C. Puede presentarse en condiciones climáticas similares a las de las selvas alta perennifolia, mediana subperennifolia, mediana subcaducifolia y las sabanas.

Se caracteriza por la presencia de árboles bajos, de cuatro a ocho metros, generalmente con los troncos muy torcidos. La densidad de los árboles puede ser bastante grande; tienen menos plantas trepadoras y epífitas. En el estrato herbáceo se pueden encontrar gramíneas y ciperáceas.

Las especies que predominan son: ek', tinto o palo de tinte (*Haematoxylon campechianum*), *Talisia floresii*, *Eugenia lundelli*, pukté' (*Bucida buceras*), chechem (*Metopium brownei*), *Coccoloba cozumelensis*, *Cameraria latifolia*, *Croton reflexifolius*, *Hyperbaena winzerlingii*, sakpaj (*Byrsonima bucidaefolia*), zapote bobo o kuche' (*Pachira acuatica*), *Byrsonima crassifolia*, *C. kujete*, *Curatella americana*.

5. Selva baja subcaducifolia (SBS)

De acuerdo con Pozo (et al., 2011) la SBS se distribuye en parches en toda la costa, desde el norte hasta la parte sur, donde es más extensa, y tierra adentro en el camino Mahahual-Xcalak. La vegetación es parecida a la selva baja caducifolia, los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad en el suelo además de haber un mayor número de especies que no pierden por completo su follaje.

Ver Figura 11.

Especies representativas: chechen negro

(*Metopium brownei*), tzalam (*Lysiloma bahamensis*), despeinada (*Beaucarnea pliabilis*),



Figura 11. Vegetación de selva baja subcaducifolia (SBS)

palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), *Bursera simaruba*, entre otras. Las epífitas son abundantes, con presencia de orquídeas.

6. Selva baja subperennifolia (SBQP)

Los climas donde se desarrolla esta vegetación son los del tipo cálido húmedo y subhúmedo. Se localizan en terrenos de drenaje deficiente, que se inundan durante la época de lluvias. Los árboles no son mayores a 5 metros, tienen troncos torcidos, con densidades altas. Las especies características son: zapote de agua (*Pachira aquatica*), barí (*Calophyllum brasiliense*), anona (*Annona glabra*), palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), pukte (*Bucida buceras*), chechén negro (*Metopium brownei*), *Byrsonima crassifolia*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Crescentia cujete*, *Coccoloba cozumelensis*, entre otras. También se encuentran ciperáceas y gramíneas. Algunas epífitas presentes son las orquídeas y bromeliáceas como *Tillandsia*.

7. Selva baja caducifolia (SBC)

Se localiza en la parte norte del estado, los árboles miden entre 4 y 15 metros, en condiciones donde predominan los climas cálidos subhúmedos, semiseco o subsecos. El promedio de temperaturas anuales es superior a 20 °C. Las precipitaciones máximas anuales son de 1,200 milímetros y las mínimas de 600 milímetros. Tiene una temporada seca definida que puede durar de siete hasta ocho meses.

Las plantas suculentas son características. Entre las especies importantes se encuentran: chaká (*Bursera simaruba*), ciricote (*Cordia dodecandra*); barbas de chivo (*Caesalpinia gilliesii*), (*Eritrina coralloides*), tzalam (*Lysiloma bahamensis*), chechén negro (*Metopium brownei*), jabín (*Piscidia piscipula*), *Maclura tinctoria*, *Haematoxylum campechianum*.

8. Palmar inducido (VPI)

La vegetación de palmar inducido es un tipo de vegetación que se encuentra formado como resultado de la perturbación de la actividad humana, afectado por las actividades ganaderas o los incendios y que afecta los diferentes tipos de vegetación de selva. Los géneros principales presentes son *Brahea* y *Sabal*.

9. Palmar Natural (VPN)

La vegetación de palmar natural, se localiza disperso en el sur del estado, se presenta con plantas de la familia Arecaceae, pueden formar bosques aislados de alturas entre 5 y 30 metros. Otros géneros que se pueden encontrar son *Sabal*, *Scheelea*, *Orbignya*, *Paurotis*, *Erythea*, entre otros. Se desarrollan en climas cálidos húmedos y subhúmedos, generalmente sobre suelos profundos y con frecuencia anegados, con características de sabana. Se le puede encontrar formando parte de las selvas.



Figura 12. Vegetación de palmar natural.

En Quintana Roo, encontramos zonas de palma de corozo en la parte sur de Othón P. Blanco, en los alrededores de Kohunlich. Estos palmares en muchos casos se han utilizado como zonas ganaderas.

10. Pastizal halófilo (PH)

es una comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salino, por lo que su presencia es independiente del clima. Se le encuentra en algunas costas afectadas por el mar o por lagunas costeras.

En las costas predominan las especies *Distichlis spicata*, *Sporobolus virginicus* y *Monanthochloe littoralis* en la parte baja *Spartina* y *Urinola* que son especies de un metro de alto. Las gramíneas dominantes son más bien rígidas y son un buen forraje para el ganado.

11. Manglar (VM)

El manglar se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos, el mangle está adaptado a las aguas con alta salinidad. Se distribuye a lo largo de toda la costa del estado, con una superficie de 4.1% de todo el estado, con mayor proporción en la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an hasta Xcalak. Casi el 99 % de la superficie de mangle se encuentra en un estado de sucesión primaria, indicando que la vegetación no ha sufrido cambios drásticos durante décadas.

Su diversidad no es alta, pero se incrementa cuando se combina con vegetación de las selvas, los géneros arbóreos más abundantes son: *Conocarpus*, *Metopium*, *Manilkara*, *Lysiloma*, *Coccoloba* y *Gliricidia*, entre otros.

Se distinguen cuatro tipos de mangle: mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*); el manglar se puede clasificar por su altura y asociación con otras especies:



Figura 13. Manglar rojo en X'cachel-X'cachelito.

- a) Manglar de seis a diez metros, cerrado. En esta comunidad vegetal domina el mangle rojo, la vegetación está totalmente cerrada. Está rodeada de saibal o cortadera, y de mangle rojo, pero de menor altura (de dos a cinco metros). El terreno se inunda en época de lluvias. Ver Figura 13.

- b) Manglar de dos a cinco metros. Se observa la presencia de mangle botoncillo. Esta comunidad es un poco más abierta que la anterior; facilita la presencia de saibal o zacate cortadera, en época de lluvias el terreno se inunda y es fangoso. Se encuentran huiro casita, chaksikin, icaco y tasiste, entre otros.
- c) El mangle rojo se encuentra presente junto con el negro y el blanco, llega a alcanzar un metro de altura, generalmente está inundado.



Figura 14. Mangle negro presente en X'cacel-X'cacelito.

12. Sabana (VS)

La vegetación de sabana abarca áreas muy pequeñas. Se desarrolla sobre terrenos planos o poco inclinados, en suelos profundos y arcillosos que se inundan durante el periodo de lluvias y se endurecen en época de sequía.

Esta comunidad se caracteriza por la dominancia de varias especies de pastizales como: *Andropogon bicornis*, *Paspalum pectinatum*, *Andropogon altus*, *Imperata sp.*, *Panicum maximum* y otros.

Existen algunas ciperáceas como *Cyperus sp.* y *Dichromena ciliata*. Por la abundancia de gramíneas, las sabanas se usan para la ganadería; pero también para el cultivo de caña de azúcar y la recolección de frutos de nance y jícara, por su valor comestible, medicinal y artesanal.

13. Vegetación de dunas costeras (VU)

Esta vegetación se encuentra a lo largo de las costas, se caracteriza por la presencia de plantas pequeñas y suculentas (Figura 15). Las especies de esta vegetación son importantes como pioneras y fijadoras de arena. Soportan vientos, alta salinidad y exposición alta al sol. Algunas especies que se encuentran este tipo de vegetación son los nopales (*Opuntia*), frijolillo, pantsil, riñonina (*Ipomoea*), alfombrilla (*Abronia maritima*), llora sangre (*Croton sp*), verdolaga (*Sesuvium*). También se encuentran algunas leñosas como la uva de mar (*Coccoloba uvifera*), entre otras.



Figura 15. *Scaevola plumieri* en X'cachel-X'cachelito

14. Petén (VPT)

Esta vegetación se caracteriza porque forma islas de vegetación, pueden ser de selvas en medio de manglar chaparro o manglar tipo cuenca, o pantanos de zacates (marismas). En ocasiones se mezclan las especies de mangle con las especies de árboles de la selva. Esta vegetación presenta características de las selvas medianas perennifolia y subperennifolia. Los árboles son perennifolios, es decir, no pierden significativamente el follaje, esto se debe a que el Petén tiene agua todo el año, aunque exista un periodo acentuado de sequía. Generalmente el arbolado alcanza alturas de 15 a 20 metros o más; conforme al muestreo realizado, el arbolado de este tipo de vegetación presenta una altura de 9.5 metros, registrándose alturas de hasta 17.2 metros.

La característica más relevante de los petenes es la dominancia de especies arbóreas, como: tasiste (*Acoelorrhapha wrightii*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), chicozapote *Manilkara zapota*, chit (*Thrinax radiata*), chaca (*Bursera simaruba*), chechem (*Metopium brownei*), pucté (*Bucidas buceras*), entre otras.

15. Tular (VT)

Las comunidades de plantas son acuáticas arraigadas en el fondo, constituidas por monocotiledóneas, los tules miden de 80 centímetros hasta 2.5 metros de alto, y en el saibal de 40 a 80 centímetros.

El tular se distribuye en lagunas y lagos tanto de agua dulce como salada a poca profundidad, el saibal en terrenos que siempre conservan humedad y que se inundan en época de lluvia. Ambos se distribuyen abundantemente en la reserva de la biósfera de Sian Ka'an. Este tipo de vegetación se constituye por plantas de tule (*Typha spp.*) y tulinillo (*Scirpus spp.*), también en ocasiones se encuentran los carrizales. Incluye a los saibales de *Cladium jamaicense*.

16. Popal (VA)

Es una cobertura vegetal propia de lugares pantanosos o de agua dulce estancada, de clima cálido y húmedo, dominado principalmente por plantas herbáceas de uno a dos centímetros de alto; por lo regular, enraizadas en el fondo, de hojas grandes y anchas que sobresalen del agua formando extensas masas. Las plantas más frecuentes que integran a esta comunidad son: platanillo de agua (*Thalia geniculata*), platanillo (*Heliconia sp.*) y algunas especies acompañantes de las familias ciperáceas y gramíneas, como *Panicum sp.*, *Paspalum sp.* y *Cyperus sp.* Su importancia radica en el sustento que proporciona a la ganadería (bovina y equina), además de que ofrece condiciones para la piscicultura.

En Quintana Roo, el popal se encuentra mezclado con el tular, el cual predomina, y se localiza en las partes más bajas, en depresiones muy marcadas a orillas de cenotes y aguadas. Generalmente se mezcla con el zacate cortadera o navajuela.

La superficie de otras asociaciones es pequeña y distribuida en el sur del estado y es identificada este tipo de vegetación como petenes y palmares. Son importantes porque se consideran islas de vegetación dentro de ecosistemas de manglares.

No están representadas cartográficamente.

2.7 Uso agrícola del suelo

Dentro del sector primario se encuentra la explotación de animales, pesca, caza, cría, agricultura y aprovechamiento forestal, este último puede ser maderable, en la que se aprovechan maderas preciosas; cedro rojo (*Cedrella odorata*) y caoba (*Sweitenia macrophylla*), así como las comunes tropicales; Chaká (*Bursera simaruba*), Sac'chaká (*Dendropanax arboreus*), Jobo (*Spondias mombin*), Amapola (*Pseudobomax ellipticum*), Chechén (*Metopodium brownei*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Ramón (*Brosimum alicastrum*), Tzalam (*Lisiloma latisiliquum*), Machiché (*Lonchocarpus castilloi*), Kanisté (*Pouteria campechiana*), Kitanché (*Caesalpinia gaumeri*), Chacteviga (*Caesalpinia platyloba*), Boob (*Coccoloba cozumelensis*), Bojón (*Cordia dodecandra*), Chintok (*Kugriodendrum ferrum*), Kanasín (*Lonchocarpus rugosus*), Caracolillo (*Sideroxylon foetidissimum*), Chactecok (*Sickingia salvadorensis*), Tinto (*Haerματοxylum campechianum*), o no maderable como es el caso del látex que se extrae del Chicozapote (*Manilkara zapota*) para la elaboración de chicle.

Durante el año 2015, de acuerdo con los datos de la SEMARNAT (2016) se aprovecharon 41,000 m³ de producción forestal a nivel estatal con un valor de \$68,533,181.00, de los cuales el 11.44% del volumen corresponde a la producción de maderas preciosas por un valor de \$16,413,065.00, casi el 24% del ingreso total de la producción maderable (Cuadro 3). El porcentaje restante corresponde a las maderas comunes tropicales con un 88.56% de la producción, con un ingreso del 76%. El aprovechamiento forestal no maderable recauda un valor de \$2,462,186.00 entre látex, apicultura y otros productos, estos dos últimos aportan casi el 18% en toneladas aprovechadas y tan solo el 3.66% con respecto al total. El porcentaje restante corresponde al aprovechamiento de gomas (Cuadro 4). Cabe resaltar que el aprovechamiento de la goma es exclusivo de dos estados, el de Campeche y Quintana Roo, siendo este último el que más aprovecha dicho recurso.

De acuerdo con los datos de la SAGARPA (2014) los municipios con mayor producción de cultivos están ubicados en la parte este y sur del estado (Cuadro 5). Estos cultivos son principalmente maíz, caña de azúcar, elote, naranja, frijol y chile verde (Cuadro 6).

APROVECHAMIENTO FORESTAL MADERABLE VOLUMEN Y VALOR.						
Productos / Género	Escuadría	Chapa y triplay	Postes, pilotes y morillos	Leña	Carbón	Total
Volumen de la producción maderable (m³r)						
Preciosas	4689	0	0	0	0	4689
Comunes tropicales	21391	2079	7558	415	4868	36311
Total	26080	2079	7558	415	4868	41000
Valor de la producción maderable (\$)						
Preciosas	\$16,413,065.00	\$-	\$-	\$-	\$-	\$16,413,065.00
Comunes tropicales	\$32,086,626.00	\$3,118,260.00	\$15,116,530.00	\$13,692.00	\$1,785,008.00	\$52,120,116.00
Total	\$48,499,691.00	\$3,118,260.00	\$15,116,530.00	\$13,692.00	\$1,785,008.00	\$68,533,181.00

Cuadro 6. Aprovechamiento forestal maderable. Volumen y valor. Fuente: SEMARNAT (2016)

APROVECHAMIENTO FORESTAL NO MADERABLE VOLUMEN Y VALOR.			
Productos	Gomas	Otros	Total
Producción (ton)	29	6	35
Valor	\$2,372,140.00	\$90,046.00	\$2,462,186.00

Cuadro 7. Aprovechamiento forestal no maderable. Volumen y valor. Fuente: SEMARNAT (2016)

Municipio	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Valor Producción	% Producción
	(Ha)	(Ha)	(Miles de Pesos)	%
Othón P. Blanco	62,179.30	49,308.80	\$936,464.87	61.98
José María Morelos	20,620.00	15,113.00	\$294,988.58	19.52
Bacalar	20,661.12	15,879.12	\$214,706.82	14.21
Felipe Carrillo Puerto	24,185.63	18,309.63	\$44,569.90	2.95
Lázaro Cárdenas	4,123.42	1,846.42	\$17,904.81	1.18
Tulum	3,684.31	324.31	\$2,118.00	0.14
Benito Juárez	70.6	35.4	\$166.22	0.01
Cozumel	17	17	\$38.25	0.00
Solidaridad	11	11	\$26.25	0.00
Total	135,552.38	100,844.68	\$1,510,983.70	100%

Cuadro 8. Producción agrícola por municipio.

Cultivo	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(ha)	(ha)	(t)	(t/ha)	(\$/t)	Miles de pesos
Caña de azúcar	34,848.00	25,697.00	1,552,032.75	60.4	364.05	565,021.81
Maíz grano	78,116.00	54,351.00	49,417.46	0.91	4,141.99	204,686.64
Elote	4,276.50	4,126.50	23,973.50	5.81	5,879.59	140,954.32
Chile verde	1,762.51	1,611.51	16,816.02	10.43	4,754.38	79,949.75
Naranja	1,416.00	1,388.00	15,595.12	11.24	2,067.91	32,249.36
Frijol	2,369.00	2,097.00	1,240.15	0.59	13,661.38	16,942.16

Cuadro 9. Principales cultivos, superficie y rendimiento en el estado de Quintana Roo. Fuente: SAGARPA (2014)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Selección del sitio de muestreo

El estudio se realizó en las coberturas vegetales de Quintana Roo mejor conservadas, para la selección de los sitios de muestreo se utilizó la información de suelo y vegetación del INEGI a escala 1: 250,000, serie V (INEGI, 2013), a partir de la herramienta de intersección (geoprocessing) en Arcgis 10.2.

Posteriormente fue verificada la información en campo.

El muestro se realizó en 42 sitios del estado.

3.2 Colecta de muestras

El tipo de muestreo fue dirigido, se seleccionó la ubicación con mayor superficie de la combinación suelo-vegetación, y en campo se verificó.

Una vez establecido el sitio de muestreo se ubicó con el GPS, se fijaron tres puntos aparentemente homogéneos.

Como se observa en la Figura 16, se delimitó un m² para proceder a obtener las muestras de hojarasca y mantillo.

Se tomaron seis muestras por sitio; tres de hojarasca y tres de mantillo.

El material colectado se puso en bolsas de plástico negro para su transporte a laboratorio.

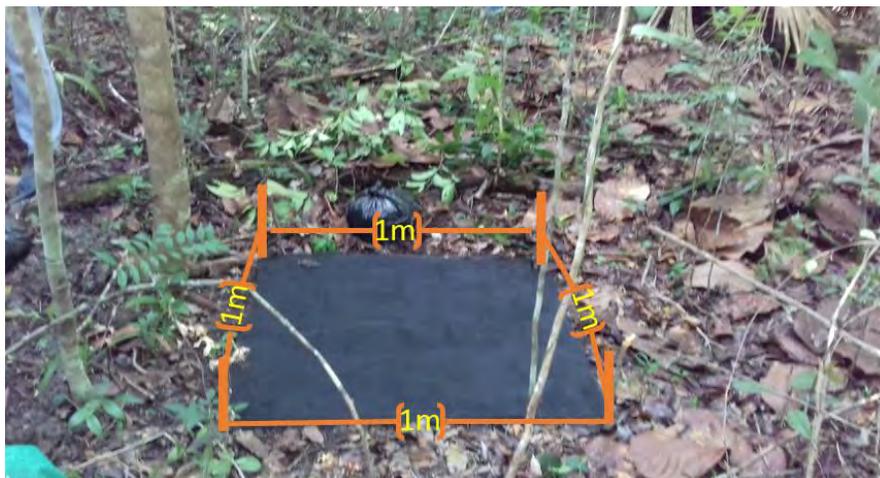


Figura 16. Delimitación del punto de muestreo.

3.3 Procesamiento de muestras

Una vez en el laboratorio las muestras de hojarasca y mantillo se acomodaron para secar a temperatura ambiente. Ya secas se pesaron (peso 1), posteriormente se incineraron en un carbonizador rústico, el residuo se pesó, y se obtuvo el peso 2.

De la muestra incinerada se tomaron 3 g del residuo para colocarlos en cada crisol y se calcino en una mufla de inducción a 800°C durante 25 minutos, se dejaron enfriar en un desecador durante una hora y se procedió a pesar nuevamente (peso 3). Cada una de las muestras fue analizada por triplicado. Ver Anexo 2.

3.4 Procedimiento para la obtención de resultados

Con la información que se obtuvo de campo y en el laboratorio, se procedió a analizar los datos obtenidos.

En total se encontraron 37 combinaciones suelo-vegetación como se observa en el Cuadro 10. En aquellos sitios con la misma combinación suelo-vegetación los resultados se promediaron para registrar un solo dato.

Se elaboró una base de datos en el programa Excell, en el cual se introdujeron las variables del peso de la biomasa seca, así como los resultados del peso dos (W2) y tres (W3) por sitio de muestreo. Figura 17.

Posteriormente se estimó el contenido de carbono en Mega gramos por hectárea (Mg C ha-1) en la hojarasca y mantillo por cobertura vegetal.

Finalmente se elaboraron los mapas del contenido de carbono en Mg C ha-1.

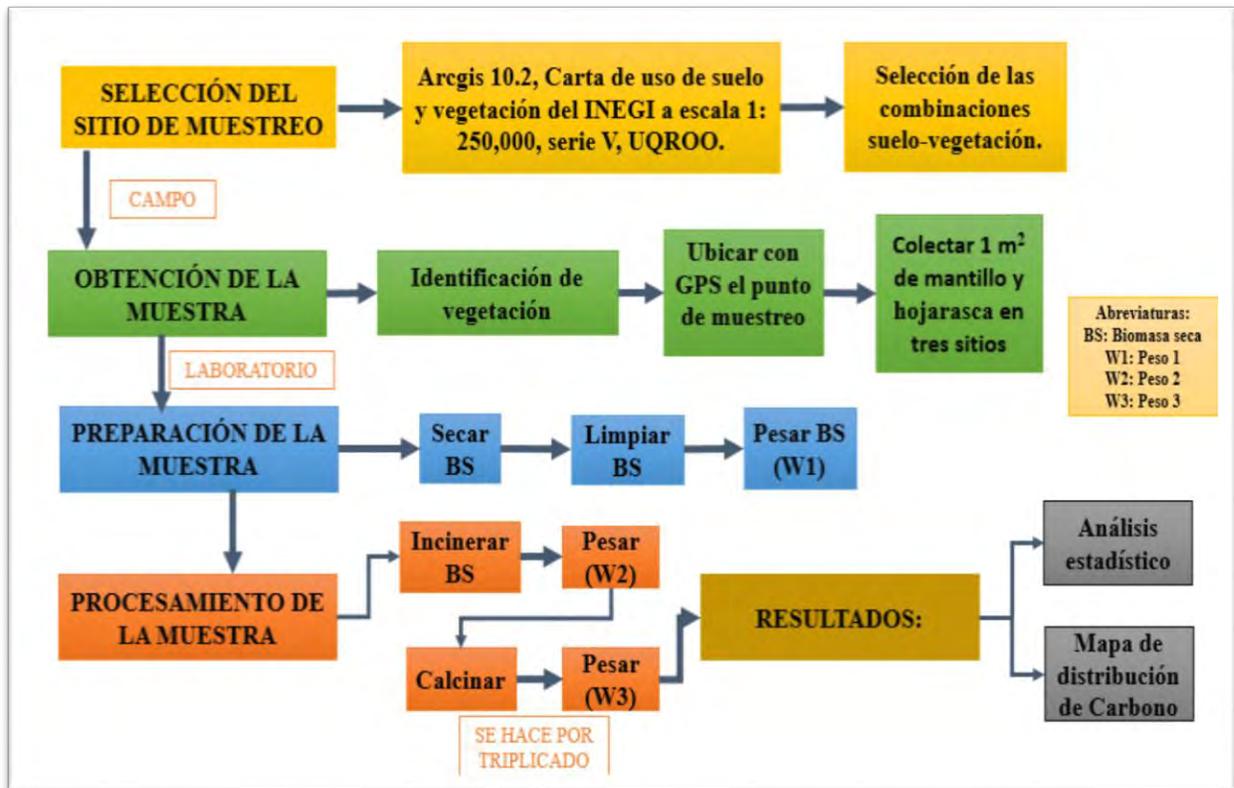


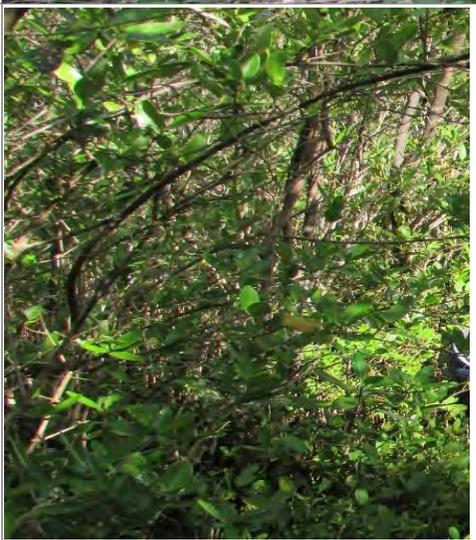
Figura 17. Diagrama metodológico

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de los sitios de muestreo

En el área de estudio se determinaron 37 combinaciones suelo-vegetación como se observa en el Cuadro 10.

CUADRO 10. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO		
MUESTREO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
1.1		<p>COORDENADAS: 18°06.16" N, -88°81' W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva baja espinosa subperennifolia (SBQ)</p> <p>ALTURA: 5.5 metros</p> <p>ESPECIES: Huano (<i>Sabal yapa</i>), <i>Croton reflexifolius</i>, chechem (<i>Metopium brownei</i>), <i>Leucaena leucocephala</i>.</p> <p>SUELO: Gleysol</p>
1.2-2.6		<p>COORDENADAS: 18°11.63' N, -88°75' W; 18°49'47.31" N, -87°78'84.88" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva baja subperennifolia (SBQP)</p> <p>ALTURA: 5.8 metros</p> <p>ESPECIES: Acacias, pata de vaca (<i>Bauhinia divaricata</i>), akits (<i>Thevetia gaumeri</i>)</p> <p>SUELO: Leptosol</p>
1.3		<p>COORDENADAS: 18°19'70.5" N, -88°67'81.5' W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ)</p> <p>ALTURA:</p> <p>ESPECIES: Chit (<i>Thrinax radiata</i>), <i>Piscidia piscipula</i>, <i>Bauhinia divaricata</i>, <i>Brosimum alicastrum</i></p> <p>SUELO: Leptosol</p>

<p>1.4-3.4</p>		<p>COORDENADAS: 18°19'70.33" N, -88°67'81.66" W; 18°77'05.13" N, -88°41'88.19" W VEGETACIÓN: Selva baja subperennifolia (SBQP) ALTURA: 7 metros ESPECIES: Jabín (<i>Piscidia piscipula</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), akits (<i>Thevetia gaumeri</i>), chaca (<i>Bursera simaruba</i>), chechem (<i>Metopium brownei</i>) SUELO: Vertisol</p>
<p>2.1</p>		<p>COORDENADAS: 18°26'30.81" N, -87°87'47.64" W VEGETACIÓN: Manglar mixto ESPECIES: Manglar rojo (<i>Rizophora mangle</i>) y negro (<i>Avicennia germinans</i>) SUELO: Solonchak</p>
<p>2.2</p>		<p>COORDENADAS: 18°26'76.69" N, -87°86'34.98" W VEGETACIÓN: Selva baja espinosa subperennifolia (SBQ) ALTURA: 6.2 metros ESPECIES: Chechen (<i>Metopium brownei</i>) es la especie más abundante y <i>Croton reflexifolius</i> SUELO: Kastañozem</p>

<p>2.4</p>		<p>COORDENADAS: 18°30'41" N, -87°83' W</p> <p>VEGETACIÓN: Matorral costero</p> <p>ESPECIES: Uva de mar (<i>Coccoloba uvífera</i>), kanisté (<i>Pouteria campechiana</i>), hoo'loop (<i>Bravaisia tubiflora</i>) y ch'it (<i>Thrinax radiata</i>). El estrato herbáceo se encuentra dominado por la riñonina (<i>Ipomea pes-caprae</i>).</p> <p>SUELO: Arenosol</p>
<p>2.5</p>		<p>COORDENADAS: 18°30'41.64" N, -87°83'03.39" W</p> <p>VEGETACIÓN: Palmar natural</p> <p>ALTURA:</p> <p>ESPECIES: Chaca (<i>Bursera simaruba</i>), chechem (<i>Metopium brownei</i>), <i>Erythea spp</i>, con dominancia de chit (<i>Thrinax radiata</i>).</p> <p>SUELO: Arenosol</p>
<p>3.1</p>		<p>COORDENADAS: 19°02'63.88" N, -88°37'16.66" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ)</p> <p>ALTURA: 15 metros</p> <p>ESPECIES: Chit (<i>Thrinax radiata</i>), chaca (<i>Bursera simaruba</i>) ramón (<i>Brosimum alicastrum</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), zapotillo (<i>Pouteria reticulata</i>)</p> <p>SUELO: Phaeozem</p>

<p>3.2</p>		<p>COORDENADAS: 19°03'16.59" N, -88°34'46.89" W VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ) ESPECIES: Chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), huano kum (<i>Cryosophilla argentea</i>) chaca (<i>Bursera simaruba</i>), chit (<i>Thrinax radiata</i>), dominancia de guano (<i>Sabal yapa</i>).</p> <p>SUELO: Cambisol</p>
<p>3.3</p>		<p>COORDENADAS: 18°93'35.23" N, -88°20'02.36" W VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ) ESPECIES: <i>Pimienta doica</i>, jabín (<i>Piscidia piscipula</i>), chaca (<i>Bursera simaruba</i>), tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), <i>Vitex gaumeri</i></p> <p>SUELO: Luvisol</p>
<p>3.5</p>		<p>COORDENADAS: 18°76'99.5" N, -88°40'79.85" W. VEGETACIÓN: Selva baja inundable subperennifolia ALTURA: 6 metros ESPECIES: Pucté (<i>Bucidas buceras</i>), palo de tinte (<i>H. campechianum</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), zapotillo (<i>Pouteria reticulata</i>), jabín (<i>Piscidia piscipula</i>), acacias, hulup (<i>Bravaisia tubiflora</i>), sakpaj (<i>Byrsonima bucidaefolia</i>), chechem (<i>M. brownei</i>)</p> <p>SUELO: Leptosol</p>

<p>4.1-5.4</p>		<p>COORDENADAS: 19°05'8" N, -89°31'08.12" W; 18°73'35.74" N, -89°12'60.23" W VEGETACIÓN: Selva baja subcaducifolia (SBS) ALTURA: 5 metros ESPECIES: Pucté (<i>Bucidas buceras</i>), chechem (<i>Metopium brownei</i>), guano (<i>Sabal yapa</i>), kuka (<i>Pseudophoenix sargentii</i>), Subin (<i>Acacia sp.</i>). Dominante: despeinada (<i>Beaucarnea pliabilis</i>), SUELO: Vertisol</p>
<p>4.2-7.6</p>		<p>COORDENADAS: 19°18'80.13" N, -89°24'11.69" W; 20°10'19.84" N, -88°11'91.48" W VEGETACIÓN: Selva baja subcaducifolia (SBS) ALTURA: 6 metros ESPECIES: chaca (<i>Bursera simaruba</i>), chechem (<i>Metopium brownei</i>), despeinada (<i>Beaucarnea pliabilis</i>), tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>). SUELO: Cambisol</p>
<p>4.3</p>		<p>COORDENADAS: 19°20'71.46" N, -89°31'61.48" W VEGETACIÓN: Selva mediana subcaducifolia (SMS) ALTURA: 12 metros ESPECIES: <i>Pimienta doica</i>, pich (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>), <i>Ficus spp</i>, chaca (<i>Bursera simaruba</i>) es la especie dominante. SUELO: Phaeozem</p>

4.4		<p>COORDENADAS: 19°20'71.08" N, -89°31'63.55" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva mediana subcaducifolia (SMS)</p> <p>ESPECIES: Tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>), chaca (<i>Bursera simaruba</i>), Pimienta doica, jabín (<i>Piscidia piscipula</i>)</p> <p>SUELO: Leptosol</p>
4.5		<p>COORDENADAS: 18°80'99.34" N, -89°31'74.47" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ)</p> <p>ALTURA: 10 metros</p> <p>ESPECIES: Chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), (<i>Guazuma ulmifolia</i>), (<i>Metopium brownei</i>), ramón (<i>Brosimum alicastrum</i>), moráceas spp, huano (<i>Sabal yapa</i>).</p> <p>SUELO: Vertisol</p>
5.1		<p>COORDENADAS: 18°52'49.3" N, -89°10'39.26" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva baja inundable subperennifolia</p> <p>ALTURA: 5 metros</p> <p>ESPECIES: Chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), pucté (<i>Bucidas, buceras</i>), palo de tinte (<i>H. campechianum</i>), chechem (<i>Metopium brownei</i>), bromelias (<i>Tillandsia spp</i>), pomolche (<i>Jatropha gaumeri</i>),</p> <p>SUELO: Gleysol</p>

<p>5.2</p>		<p>COORDENADAS: 18°37'20.38" N, 89°06'46.82" W VEGETACIÓN: Selva mediana subcaducifolia (SMS) ALTURA: 15-16 metros ESPECIES: Chaca (<i>B. simaruba</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), cedro (<i>Cedrela odorata</i>), ramón (<i>Brosimum alicastrum</i>), huano cum (<i>C. argentea</i>), la especie dominante es jabillo (<i>Hura polyandra</i>) y <i>B. simaruba</i>. SUELO: Kastañozem</p>
<p>5.3</p>		<p>COORDENADAS: 18°70'52" N, -89°12'01.87" W ALTURA: 5-7 metros VEGETACIÓN: Selva baja subcaducifolia (SBS) ESPECIES: Chechem (<i>M. brownei</i>), jabín (<i>P. piscipula</i>), pomolche (<i>J. gaumeri</i>), chaca (<i>B. simaruba</i>), <i>Ficus spp.</i> tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>). SUELO: Leptosol</p>
<p>5.5</p>		<p>COORDENADAS: 19°04'90.87" N, -88°98'19.17" W VEGETACIÓN: Selva baja subcaducifolia (SBS) ALTURA: 7 metros ESPECIES: Chechem (<i>Metopium brownei</i>) huano (<i>Sabal yapa</i>), zapote (<i>Manilkara zapota</i>), chaca (<i>B. simaruba</i>). SUELO: Gleysol</p>

<p>5.6</p>		<p>COORDENADAS: 18°66'43.83" N, -88°85'23.82" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ)</p> <p>ESPECIES: Zapote (<i>Manilkara zapota</i>), huano (<i>Sabal yapa</i>), pixoy (<i>Guazuma ulmifolia</i>).</p> <p>Vegetación conservada poco perturbada</p> <p>SUELO: Gleysol</p>
<p>6.1</p>		<p>COORDENADAS: 20°08'92.86" N, -87°59'93.61" W</p> <p>VEGETACIÓN: Tular (VT)</p> <p>ESPECIES: Manglar botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>), chit (<i>Thrinax radiata</i>), navajuela (<i>C. jamaicense</i>), zacate (<i>Panicum sp</i>)</p> <p>SUELO: Histosol</p>
<p>6.3-6.9</p>		<p>COORDENADAS: 20°08'06.7" N, -87°47'82.5" W; 20°33'43.84" N, -87°34'91.3" W</p> <p>VEGETACIÓN: Palmar inducido (VPI)</p> <p>ESPECIES: Chechem (<i>M. browni</i>), chit (<i>Thrinax radiata</i>), con dominancia de palma de coco (<i>Coccus nucifera</i>)</p> <p>SUELO: Arenosol</p>

<p>6.4</p>		<p>COORDENADAS: 20°34'05.37" N, -87°34'51.44" W</p> <p>VEGETACIÓN: Duna costera (VU)</p> <p>ESPECIES: Pansil (<i>Suriana maritima</i>), hierba de arena (<i>Ernodea littoralis</i>), verdolaga de playa (<i>Sesuvium portulacastrum</i>), orégano de playa (<i>Lantana involucrata</i>), riñoñina (<i>Ipomoea pescaprae</i>), sikimay (<i>Tournefortia gnaphalodes</i>), margarita de mar (<i>Ambrosia hispida</i>), <i>Scaevola plumieri</i>, lirio de playa (<i>Crinum americanum</i>).</p> <p>SUELO: Arenosol</p>
<p>6.5</p>		<p>COORDENADAS: 20°32'28.07" N, -87°34'51.47" W</p> <p>VEGETACIÓN: Manglar mixto</p> <p>ESPECIES: Manglar botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>) y manglar blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>)</p> <p>SUELO: Leptosol</p>
<p>6.6</p>		<p>COORDENADAS: 20°32'59.56" N, -87°35'61.17" W</p> <p>VEGETACIÓN: Manglar negro</p> <p>ESPECIES: Manglar negro (<i>Avicennia germinans</i>)</p> <p>SUELO: Histosol</p>

<p>6.7</p>		<p>COORDENADAS: 20°32'75.17" N, -87°35'53.9" W VEGETACIÓN: Selva baja subperennifolia (SBQP) ALTURA: 6 metros ESPECIES: Chit (<i>Thrinax radiata</i>), chaca (<i>Bursera simaruba</i>), chechem (<i>Metopum brownii</i>), kuka (<i>P. sargentii</i>) zapotillo (<i>Pouteria reticulata</i>) SUELO: Regosol</p>
<p>6.8</p>		<p>COORDENADAS: 20°33'43.27" N, -87°34'92.43" W VEGETACIÓN: Manglar rojo ALTURA: 2-3 metros ESPECIES: Manglar rojo (<i>Rizophora mangle</i>) especie dominante y palma <i>Chamaedorea spp.</i> SUELO: Gleysol</p>
<p>6.10</p>		<p>COORDENADAS: 20°34'11.42" N, -87°34'57.99" W VEGETACIÓN: Palmar inducido (VPI) ESPECIES: Chit (<i>Thrinax radiata</i>), con dominancia de coco (<i>Coccus nucifera</i>) SUELO: Regosol</p>

<p>7.1</p>		<p>COORDENADAS: 19°39'93.93" N, -88°56'64.44" W VEGETACIÓN: Selva baja subperennifolia (SBQP) ALTURA: 6 metros ESPECIES: Ramón (<i>Brosimum alicastrum</i>), ciricote (<i>Cordia dodecandra</i>), chaca (<i>Bursera simaruba</i>), cedro (<i>Cedrella odorata</i>), huano (<i>Sabal mexicano</i>), jabín (<i>Piscidia piscipula</i>), tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>) SUELO: Phaeozem</p>
<p>7.2</p>		<p>COORDENADAS: 19°40'04.61" N, -88°57'20.56" W VEGETACIÓN: Selva baja subperennifolia (SBQP) ALTURA: 6-7 metros ESPECIES: Chaca (<i>Bursera simaruba</i>), huano (<i>Sabal mexicano</i>), jabín (<i>Piscidia piscipula</i>), tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>). Dominancia de <i>B. simaruba</i>. SUELO: Luvisol</p>
<p>7.3</p>		<p>COORDENADAS: 19°79'08.25" N, -88°57'62.03" W VEGETACIÓN: Selva baja subcaducifolia (SBS) ALTURA: 7 metros ESPECIES: Chit (<i>T. radiata</i>), huano (<i>S. yapa</i>), pata de vaca (<i>Bauhinia divaricata</i>), tzalam (<i>L. bahamensis</i>), despeinada (<i>Beaucarnea ameliae</i>), ceiba enana (<i>Ceiba pentandra</i>) SUELO: Luvisol</p>

7.4		<p>COORDENADAS: 19°83'44.34" N, -88°74'95.99" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva baja subperennifolia (SBQP)</p> <p>ALTURA: * metros</p> <p>ESPECIES: Piñuela (<i>Bromelia alsodes</i>), chechem (<i>M. brownei</i>), jabín (<i>P. piscipula</i>), hulub (<i>B. tubiflora</i>), akits (<i>T. gaumeri</i>), Chit (<i>T. radiata</i>), huano (<i>S. yapa</i>), pata de vaca (<i>B. divaricata</i>), tzalam (<i>L. bahamensis</i>),</p> <p>SUELO: Fluvisol</p>
7.5		<p>COORDENADAS: 20°06' N, -88°51'64.97" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva baja subcaducifolia (SBS)</p> <p>ALTURA: 4 metros</p> <p>ESPECIES: chaca (<i>B. simaruba</i>), pata de vaca (<i>B. divaricata</i>), jabín (<i>P. piscipula</i>), pixoy (<i>Guazuma ulmifolia</i>)</p> <p>SUELO: Nitisol</p> <p>*Acahual apróximado de 6 años</p>
7.7		<p>COORDENADAS: 20°10'19.84" N, -88°11'91.48" W</p> <p>VEGETACIÓN: Selva mediana subperennifolia (SMQ)</p> <p>ALTURA: 12 metros</p> <p>ESPECIES: Chechem (<i>M. brownei</i>), bop (<i>Coccoloba spp</i>), Chit (<i>Thrinax radiata</i>), <i>Manikara zapota</i>, <i>Piscidia piscipula</i>, <i>Bursera simaruba</i>, <i>Lysiloma bahamensis</i></p> <p>SUELO: Cambisol</p>

7.8		<p>COORDENADAS: 21°23'78.49" N, -87°33'05.28"</p> <p>VEGETACIÓN: Petén (VPT) ESPECIES: Tasiste (<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>)</p> <p>SUELO: Gleysol</p>
-----	---	--

Cuadro 10. Descripción de sitios de muestro de acuerdo con la combinación suelo-vegetación.

5.2 Cuantificación de carbono fijado en la biomasa en descomposición

La idea de la cuantificación del carbono almacenado en la biomasa en descomposición se justifica desde el punto de vista de las estimaciones globales de carbono en tránsito entre la biomasa viva y los depósitos más o menos permanentes del suelo.

En este sentido, las diferencias en la distribución de las formaciones vegetales cobra particular importancia al definir de manera más o menos directa la acumulación de biomasa en el suelo, ya sea en forma de hojarasca o mantillo cuando ha iniciado el proceso de descomposición.

Aunque el número de puntos de muestreo en este trabajo es relativamente pequeño, al haberse seleccionado sitios con vegetación en buen estado de conservación y representativos de los atributos de las formaciones vegetales involucradas, podemos suponer que, aunque la incertidumbre es considerable, los valores pueden dar una idea aproximada de la cantidad de carbono aproximada en la hojarasca y mantillo asociados a esas formaciones vegetales.

Para ello, se asume como representativo el mapa elaborado por INEGI de distribución de vegetación (INEGI, 2013), de modo que los contenidos de carbono en hojarasca y mantillo en las diferentes formaciones vegetales se usaron para calificar los polígonos de la cobertura vectorial de INEGI por correspondencia entre las formaciones vegetales que reportan y las muestreadas en el presente trabajo. Dichos mapas no son definitivos pero nos permiten tener

una idea de la distribución del carbono a lo largo del Estado en estos dos importantes estratos que superyacen al suelo.

5.2.1 Determinación del contenido de carbono en la hojarasca

El cúmulo máximo y mínimo de la biomasa seca depositada sobre el suelo se puede observar en el Cuadro 11. El primero, corresponde al punto 3.5, selva baja inundable subperennifolia (SBIQP), con 1294.84 gr/m², mientras que el valor más bajo fue de 32.63 gr/m² en la vegetación de duna costera (VU), que corresponde al sitio 3.4.

Con respecto a la concentración de carbono (Cuadro 12), la concentración máxima se obtuvo en el sitio 6.6, que corresponde a la vegetación de mangle negro, mientras que la concentración más baja se obtuvo en el sitio 1.3, de la selva mediana subperennifolia (SMQ). Se estimó una concentración promedio de 86.84%.

Se observa en el Cuadro 11, el peso de la biomasa acumulada por el punto 6.6, y aunque este no represente ni el 60% del peso máximo (punto 3.5), tiene la mayor concentración de carbono (Ver Cuadro 12), constituyendo en una variable fundamental con respecto a las cantidades de C almacenado, y no solo por el peso mismo de la biomasa de cada tipo de vegetación como señala Roji Rosas (2008).

Cuadro 11. Biomasa de hojarasca (gr/m²) por sitio de muestreo							
Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa
1.1	771	3.2	288.46	5.2	739.49	6.7	826.23
1.2-2.6*	544	3.3	277.94	5.3	585.41	6.8	173.35
1.3	837.99	3.5	1294.84	5.5	575.94	6.10	668.12
1.4-3.4*	722.72	4.1-5.4*	670.48	5.6	549.74	7.1	580.53
2.1	410.2	4.2-7.6*	518.25	6.1	81.35	7.2	401.69
2.2	804.13	4.3	624.95	6.3-6.9*	586.21	7.3	427.63
2.4	1045.89	4.4	536.92	6.4	32.63	7.4	616.64

2.5	438.42	4.5	341.95	6.5	493.5	7.5	569.09
3.1	234.46	5.1	729.52	6.6	689.13	7.7	625.46
						7.8	82.8

Cuadro 11. Biomasa de hojarasca por sitio de muestreo. *Se promedió el peso de dos muestreos con la misma combinación suelo-vegetación.

Cuadro 12. Concentración de carbono expresada en porcentaje por sitio de muestreo.							
Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa
1.1	86.21	3.2	80.46	5.2	87.37	6.7	92.70
1.2-2.6*	80.37	3.3	80.90	5.3	89.86	6.8	80.20
1.3	70.97	3.5	86.34	5.5	87.51	6.1	88.43
1.4-3.4*	82.99	4.1-5.4*	87.23	5.6	88.13	7.1	86.28
2.1	86.06	4.2-7.6*	87.02	6.1	87.93	7.2	86.07
2.2	93.38	4.3	88.63	6.3-6.9*	85.33	7.3	90.81
2.4	88.59	4.4	87.47	6.4	81.20	7.4	93.05
2.5	91.21	4.5	87.51	6.5	90.93	7.5	90.25
3.1	86.40	5.1	80.75	6.6	95.40	7.7	91.69
						7.8	87.29

Cuadro 12. Concentración de carbono expresada en porcentaje para cada sitio de muestreo.

El contenido de carbono por cobertura vegetal en Mega gramos de Carbono por hectárea (Mg C ha⁻¹) se puede observar en el Cuadro 13, que, de las 15 coberturas vegetales estudiadas con relación a la hojarasca, el contenido de carbono oscila entre 0.3 a 9.3 Mg C ha⁻¹, encontrándose el menor valor en la duna costera (VU) y el mayor contenido en el matorral costero.

La cantidad de biomasa depositada en la duna costera (VU) puede corresponder principalmente a la pérdida de la materia orgánica por transportación o remoción del material. En el caso del matorral costero, además de una mayor producción de hojarasca la materia orgánica se encontraba relativamente protegida de los vientos por la dominancia de chit

(*Thrinax radiata*), la uva de mar (*Coccoloba uvífera*), y otros árboles con menor abundancia, promoviendo el cúmulo de hojarasca en la base de las palmas y sus alrededores. De acuerdo con Myers (2013) muchas palmas son conocidas por sus hojas resistentes, este es el caso del chit, que es usado como material para la elaboración de techos, considerándose como especie resistente a la descomposición, esto probablemente indique que la acumulación será mayor cuando se presente por diversas causas una descomposición más lenta.

De acuerdo con Alongi (2014) los manglares se consideran entre los fijadores de carbono más eficientes, y es el ecosistema más productivo en la zona costera. En el Cuadro 13, la vegetación de manglar es una de las principales coberturas vegetales en almacenar más Carbono. También se puede observar que estas cantidades difieren dependiendo la especie que domina, el manglar rojo presenta el stock más bajo (1.4 Mg C ha^{-1}), el manglar negro el más alto con $6.57 \text{ Mg C ha}^{-1}$ y el manglar mixto un valor intermedio de aproximadamente $4.02 \text{ Mg C ha}^{-1}$. Esto puede deberse a muchas diferencias geográficas y ecológicas, incluso de manera local, hay otros factores, como la degradación y la producción de hojarasca, en el caso de la primera, la degradación puede ser lenta, como es el caso en la especie de *R. mangle*, o rápida como en *Avicennia germinans* (Orihuela et al., 2004); y en la segunda, que va a depender de las características fenológicas de cada especie. Sin embargo, la influencia de corrientes de agua, como en el caso de los sitios de muestreo del mangle rojo (*Rizophora mangle*) la hojarasca se redistribuye constantemente, y aunque tarde más en degradarse no permanece por mucho tiempo en el mismo lugar donde se deposita.

Cuadro 13. Carbono almacenado en la hojarasca	
VEGETACIÓN	(Mg C ha⁻¹)
Matorral costero	9.31
Selva baja inundable subperennifolia	8.47
Selva baja espinosa subperennifolia	7.06
Manglar negro	6.57
Selva mediana subcaducifolia	5.58
Selva baja subperennifolia	5.38
Palmar inducido	5.31
Selva baja subcaducifolia	4.94
Manglar mixto	4.02
Selva mediana subperennifolia	3.74
Palmar natural	2.69
Mangle rojo	1.4
Petén	0.77
Tular	0.71
Duna costera	0.26

Cuadro 13. Carbono almacenado en la hojarasca por cobertura vegetal.

El análisis de disimilitud (Figura 18) permitió agrupar las coberturas estadísticamente iguales, en función al contenido de carbono en la hojarasca por tipo de vegetación, los datos están calculados en gr/m², de este modo se agrupan las coberturas con el menor contenido de carbono como el mangle rojo, duna costera, petén y tular.

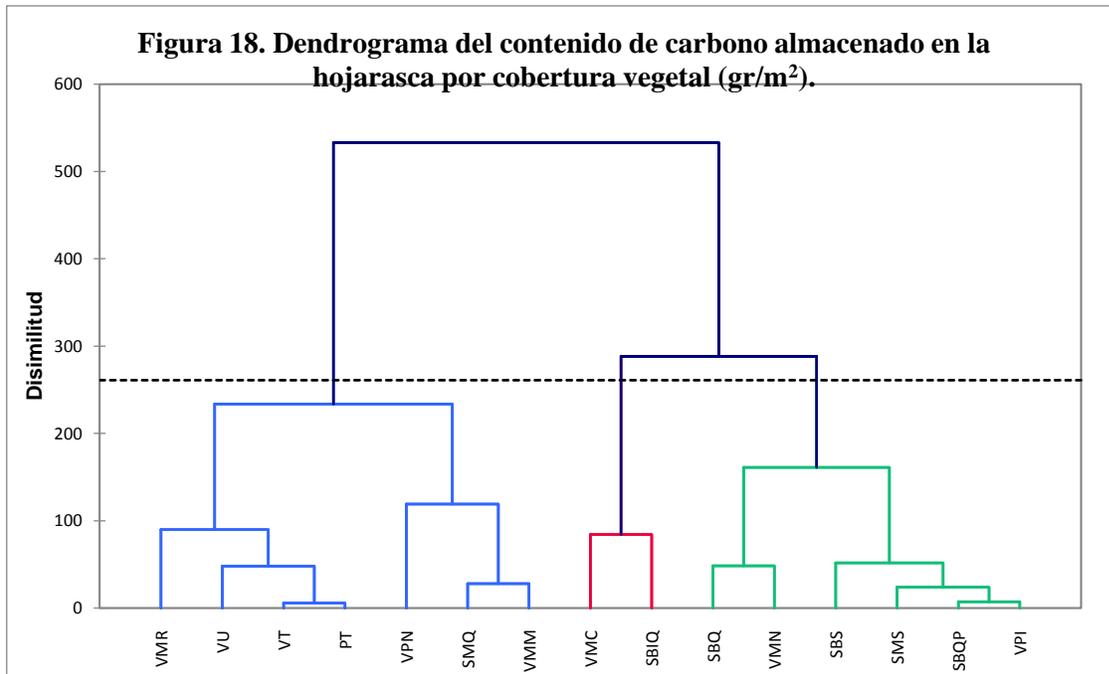


Figura 18. Dendrograma del contenido de carbono almacenado en la hojarasca por cobertura vegetal (gr/m^2).

Con el fin de observar la distribución del carbono en la hojarasca entre cada una de las coberturas vegetales, se empleó con los datos anteriores un análisis de diagrama de caja y bigotes en el cual se observa un valor máximo de $11.09 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en la cobertura vegetal de selva baja inundable subperennifolia y un mínimo de $0.26 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en la duna costera (VU) (Figura 19).

La variabilidad en el contenido de carbono de la hojarasca entre las vegetaciones de manglar mixto, VPI y SBQ presentan cierta similitud de amplitud del rango, aunque difieren significativamente en la media de Mg C ha^{-1} , además de presentar la menor variabilidad respecto a los demás sitios, con excepción del manglar rojo, manglar negro, VPN, VPT, VU y VT que solo presentan un dato. Ver Figura 19.

Incluso la variabilidad que se presenta pueda deberse al desarrollo sucesional, ya que se muestrearon acahuales (Cuadro 10), como Xuluc-Tolosa et al., (2003) concluyen “la descomposición puede disminuir con el desarrollo sucesional debido a la dinámica del crecimiento del bosque, así como el cambio en las especies y los entornos microbianos favorecen una descomposición más rápida en los bosques más antiguos”.

Otro factor importante que contribuye en la degradación de la materia orgánica es el forrajeo, y todas las plantas presentan cierto grado de forrajeo sobre su estructura (Orihuela et al., 2004), incluso se ha asociado a distintos organismos que se presentan en distintas épocas del año, como es el caso del gasterópodo *Neritina reclinata*, que se presenta en la época de lluvias y a éste se le asoció el aumento en la tasa descomposición en las hojas del *R. mangle* (Aké-Castillo et al., 2006).

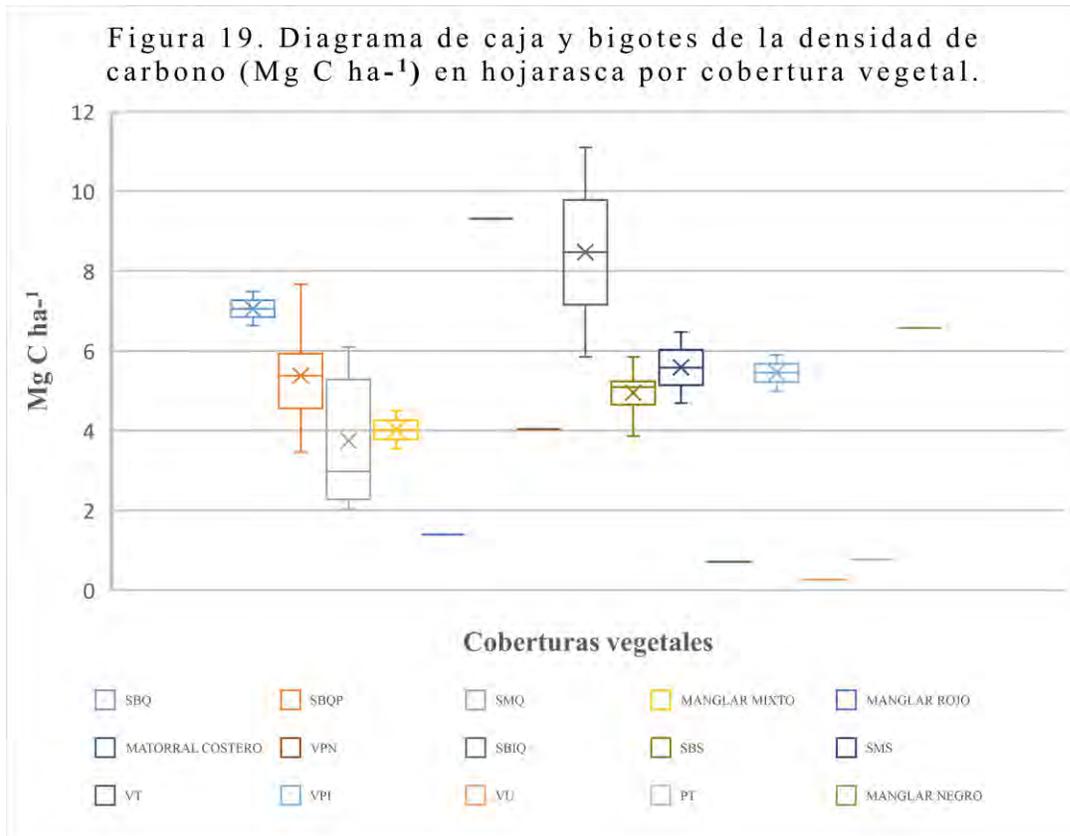


Figura 19. Diagrama de caja y bigotes de la densidad de carbono (Mg C ha^{-1}) en hojarasca por cobertura vegetal.

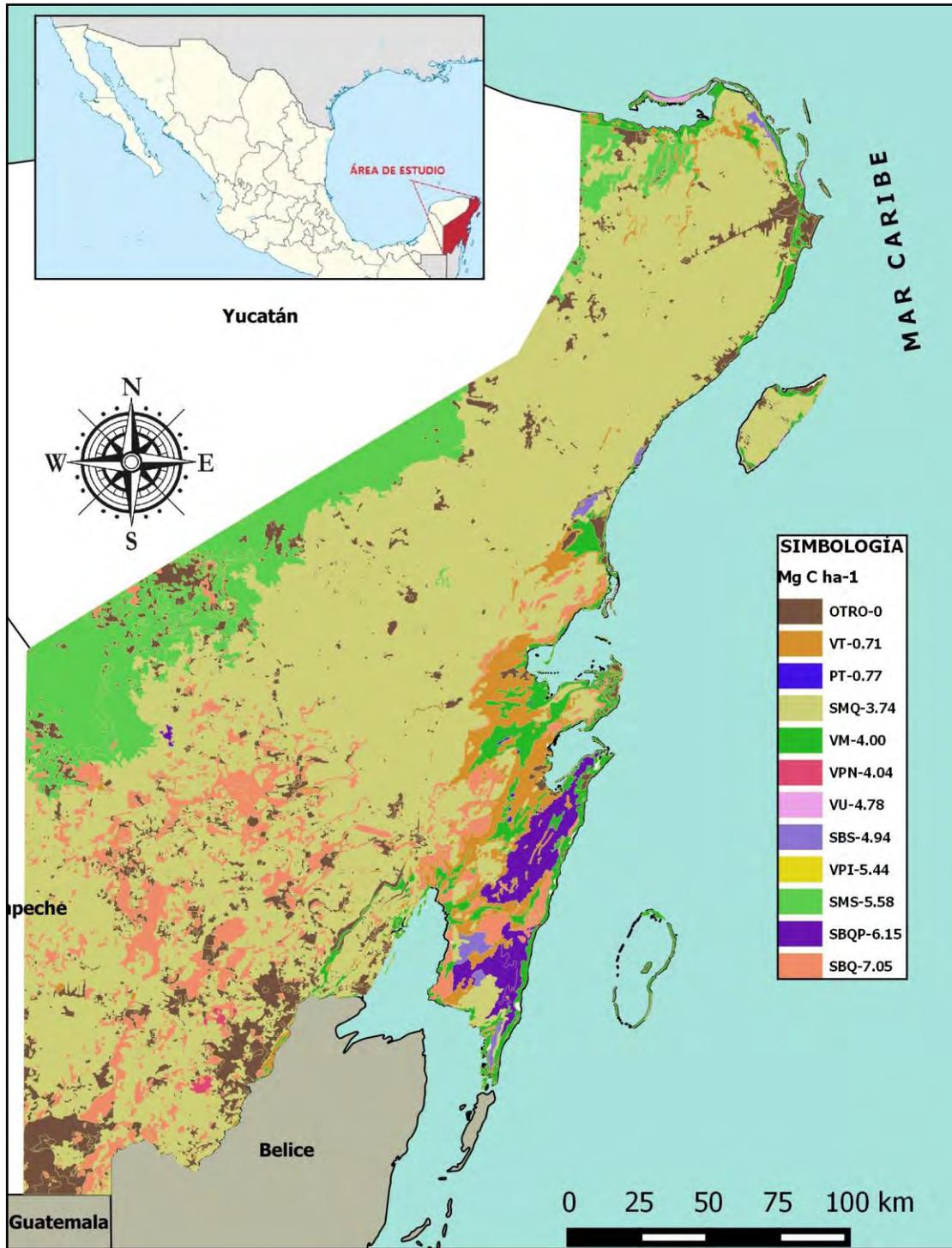


Figura 20. Contenido de carbono de la hojarasca en Quintana Roo. Elaboración propia.

5.2.2 Determinación de contenido de carbono en el mantillo

Con respecto al peso de la biomasa seca del mantillo, se puede observar en el Cuadro 14 el cúmulo máximo y mínimo de mantillo. En la primera, el sitio 5.3 corresponde a la selva baja subcaducifolia (SBS) con 730.58 gr/m², mientras que la concentración más baja fue de 31.68 gr/m² en la vegetación de palmar inducido (VPI), que corresponde a los sitios 6.3-6.9 del muestreo.

A partir de estas muestras se procesaron los datos para obtener la concentración de carbono almacenado en el mantillo por cobertura vegetal.

Cuadro 14. Biomasa de mantillo (gr/m ²) por sitio de muestreo.							
Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa
1.1	323.39	3.2	242.32	5.2	572.65	6.7	272.1
1.2-2.6*	452.08	3.3	229.03	5.3	730.58	6.8	S/D
1.3	455.36	3.5	303.58	5.5	268.91	6.1	161.76
1.4-3.4*	414.02	4.1-5.4*	318.4	5.6	430.17	7.1	138.86
2.1	200.75	4.2-7.6*	232.46	6.1	57.92	7.2	91.98
2.2	668.58	4.3	297.25	6.3-6.9*	31.68	7.3	120.38
2.4	366.33	4.4	319.78	6.4	S/D	7.4	342.77
2.5	285.72	4.5	368.86	6.5	444.46	7.5	189.95
3.1	689.48	5.1	382.64	6.6	501.74	7.7	335.25
						7.8	S/D

Cuadro 14. Biomasa del mantillo por sitio de muestreo. *Se promedió el peso de dos muestreos con la misma combinación suelo-vegetación.

Por ejemplo, los puntos 1.1 y 2.2 (Cuadro 14) corresponden a la vegetación de selva baja espinosa subperennifolia (SBS), la primera se encuentra en un clima Aw₁ i w'', y el segundo presenta un clima Aw₂(x') i w'', más húmedo que el primero. El cuadrante 2.2 obtuvo mayor cantidad de biomasa seca, esto puede deberse a la presencia dominante del chechen (*M. brownei*), ya que esta especie es una madera ligeramente dura y contiene una mayor cantidad de taninos, mientras que la especie *L. leucocephala* del cuadrante 1.1 no presenta taninos (Sosa Rubio et al., 2004) y la materia orgánica se descompone muy rápido (Zárate, s.f.n.).

Los sitios de muestreo 1.2-2.6, 1.4-3.4, 7.1 y 7.4 corresponden a la selva baja subperennifolia (SBQS), la mayoría con dominancia de maderas duras o ligeramente duras como *Thevetia gaumeri*, *Metopium brownei*, *Pouteria reticulata*, *Manikara zapota*, *Lysiloma bahamensis*, *Piscidia piscipula* (CONAFOR, 2012) y la presencia de maderas blandas como *Bursera simaruba* y *Cedrella odorata* ambas con taninos, y esta última con taninos tipo hidrolizables (Espinal, 2009). Estos además de tener al mayor número de especies de maderas duras en el sitio de muestreo, tienen el mayor peso en g/m² de la selva baja subperennifolia

La concentración máxima en porcentaje de carbono (Cuadro15) se obtuvo en el sitio 6.6 y la concentración más baja se obtuvo en el sitio 7.2, que corresponden a la selva baja subperennifolia, la primera con inundación temporal. Se estimó una concentración promedio de 75.03%. El resultado obtenido en la concentración porcentual de carbono se estimó en gramos por metro cuadrado para cada sitio.

Cuadro 15. Concentración de carbono expresada en porcentaje para cada sitio de muestreo.							
Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa	Cuadrante	Biomasa
1.1	71.89	3.2	59.34	5.2	75.52	6.7	71.74
1.2-2.6*	77.86	3.3	54.46	5.3	86.11	6.8	S/D
1.3	66.02	3.5	93.73	5.5	71.69	6.1	83
1.4-3.4*	61.72	4.1-5.4*	72.48	5.6	76.59	7.1	79.95
2.1	59.26	4.2-7.6*	73.59	6.1	83.36	7.2	58.7
2.2	85.38	4.3	64.36	6.3-6.9*	82.67	7.3	75.96
2.4	73.72	4.4	72.36	6.4	S/D	7.4	85.73
2.5	77.67	4.5	83.13	6.5	82.57	7.5	69.02
3.1	65.46	5.1	74.41	6.6	93.71	7.7	87.84
						7.8	S/D

Cuadro 15. Concentración de carbono expresada en porcentaje para cada sitio de muestreo.

El análisis de disimilitud (Figura 21) permitió agrupar los datos en función al contenido de carbono por tipo de vegetación, con relación al contenido de carbono almacenado en el

mantillo, los datos están calculados en gr/m^2 , de este modo se agrupan las coberturas vegetales en tres clases:

Clase 1 (C1): Es la clase con las vegetaciones que almacenaron mayor contenido de carbono en el mantillo.

Clase 2 (C2): El contenido de carbono almacenado es superior al de la C3, pero no mayor al de la C1.

Clase 3 (C3): Es la clase con el menor contenido de carbono en la hojarasca. Con valores de 47 gr/m^2 hasta 70 gr/m^2 . A excepción de las vegetaciones de manglar rojo, PT y VU, ya que no presentaron mantillo.

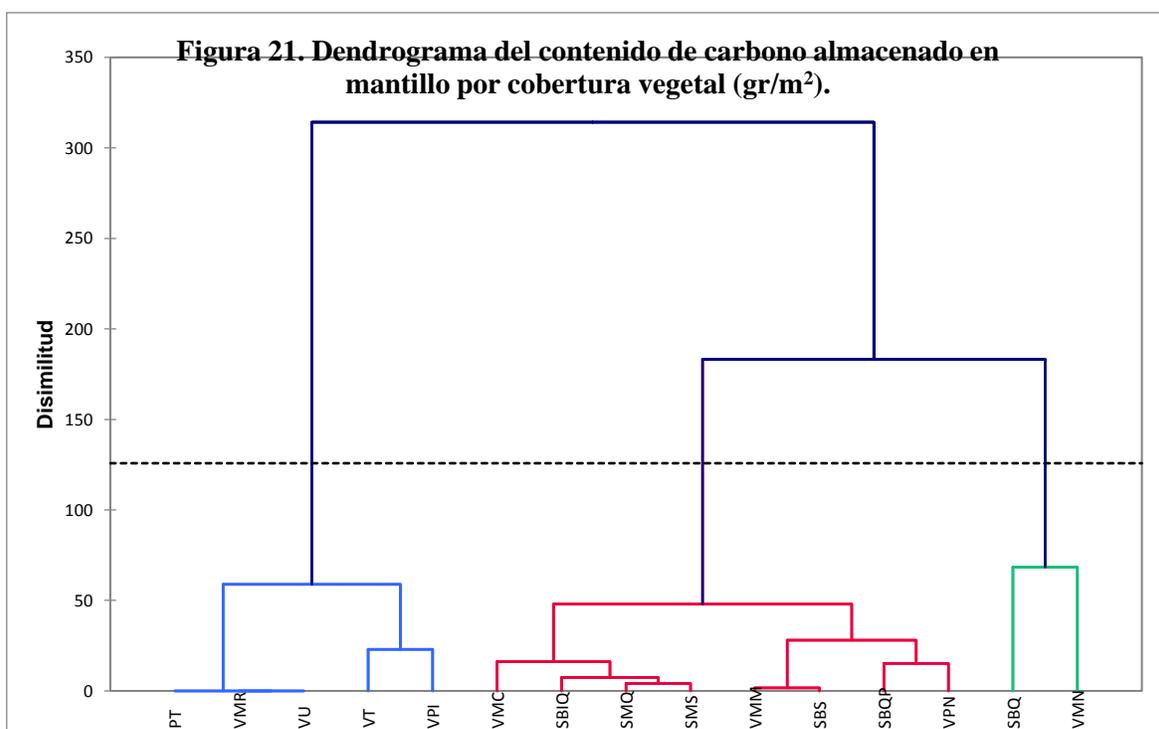


Figura 21. Dendrograma del contenido de carbono almacenado en mantillo por cobertura vegetal (gr/m^2).

El contenido de carbono del mantillo se reporta en Mega gramos de Carbono por hectárea (Mg C ha^{-1}). De las 15 coberturas vegetales estudiadas con relación al contenido de carbono en mantillo, se encontró en un intervalo de 0.47 a $4.69 \text{ Mg C ha}^{-1}$, encontrándose el menor valor en el tular (VT) y el mayor contenido en el manglar negro. Por otra parte, las vegetaciones de manglar rojo, duna costera (VU) y peten (VP) no presentaron mantillo en el momento de la recolecta (Cuadro 16). Esto puede deberse a distintas causas, una de ellas que

exista una muy rápida conversión de la materia orgánica en CO₂ y una fracción de esta se emita, incluso que exista una mineralización acelerada en ese medio húmedo y cálido, ya que las maderas o plantas ricas en taninos son las principales formadoras de humus. En el caso de la duna, la fragmentación física del material y los vientos provocan que haya muy poca acumulación de materiales y, por tanto, la materia orgánica se encuentra particulada e incorporada al horizonte A en el suelo con la consiguiente falta del mantillo.

De acuerdo con las plantas que tienen una relación C/N alta (mayor que 25), forman una cobertura estable, que contribuyen al incremento del contenido de materia orgánica, mientras que en plantas con relación C/N baja (menor que 25), la mineralización es más rápida (Xuluc-Tolosa et al., 2003).

Cuadro 16. Carbono almacenado en el mantillo	
VEGETACIÓN	(Mg C ha⁻¹)
Manglar negro	4.69
Selva baja espinosa subperennifolia	4.01
Selva baja inundable subperennifolia	2.88
Selva mediana subcaducifolia	2.82
Selva mediana subperennifolia	2.78
Matorral costero	2.68
Manglar mixto	2.43
Selva baja subcaducifolia	2.41
Palmar natural	2.22
Selva baja subperennifolia	2.06
Palmar inducido	0.70
Tular	0.47
Mangle rojo	S/D
Duna costera	S/D
Petén	S/D

Cuadro 16. Carbono almacenado en el mantillo por cobertura vegetal.

Con el fin de observar la distribución del carbono entre cada una de las coberturas vegetales, se empleó un análisis de diagrama de caja y bigotes (Figura 22). Se distingue claramente un máximo de 6.34 Mg C ha⁻¹ en la cobertura vegetal selva baja subcaducifolia (SBS) y un mínimo de 0.26 Mg C ha⁻¹ en la vegetación de palmar inducido (VPI).

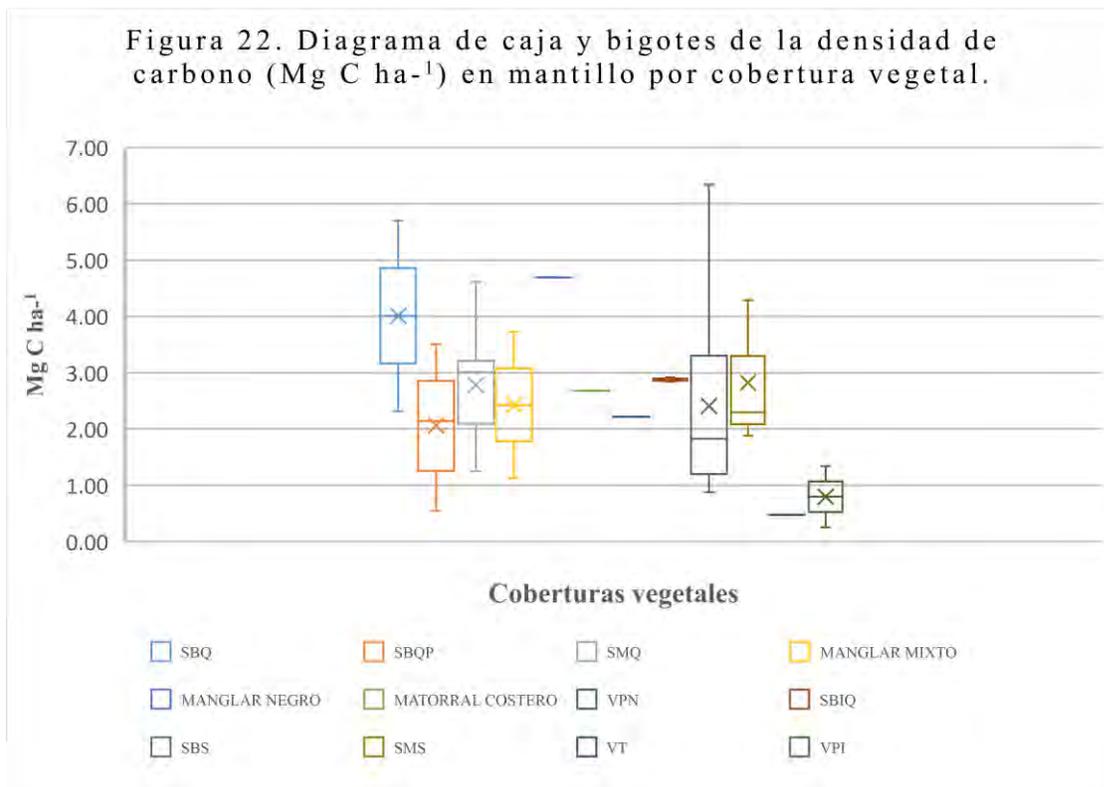


Figura 22. Diagrama de caja y bigotes de la densidad de carbono (Mg C ha^{-1}) en mantillo por cobertura vegetal.

La mayor variabilidad del contenido de carbono en el mantillo con respecto a las demás es la SBS teniendo valores de 0.88 hasta $6.34 \text{ Mg C ha}^{-1}$. Aunque promediando las muestras no necesariamente es la vegetación con mayor contenido de carbono almacenado en el mantillo. La selva baja inundable subperennifolia presenta la menor variación entre los contenidos de carbono, debido a que los contenidos están dentro del rango $2.84\text{-}2.92 \text{ Mg C ha}^{-1}$ respecto a los demás sitios, con excepción del manglar negro, VPN, matorral costero y VT que solo presentan un dato.

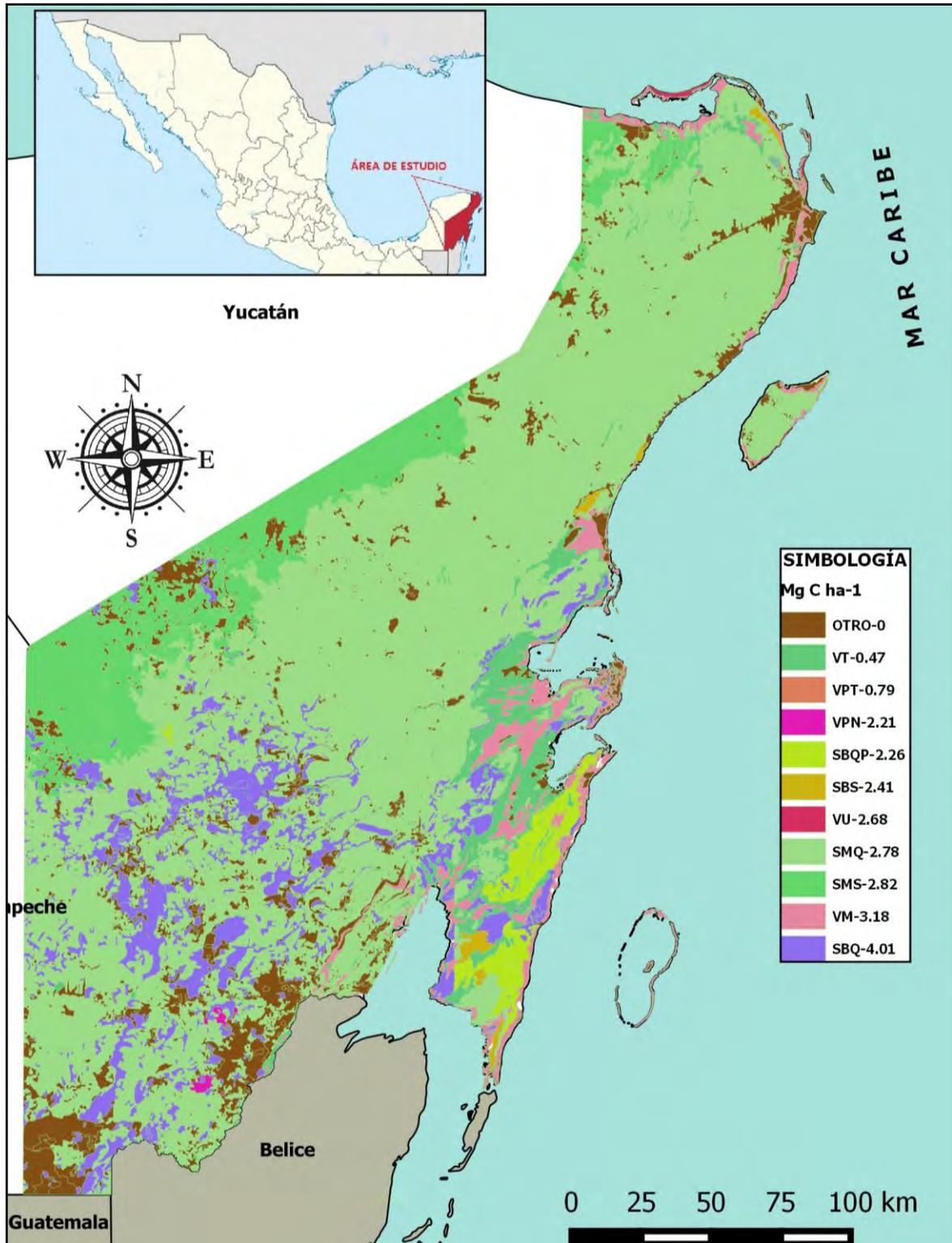


Figura 23. Contenido de carbono del mantillo en Quintana Roo. Elaboración propia.

De las once formaciones consideradas en todo el país se identificaron las siguientes; selvas medianas y bajas, manglar y otras asociaciones. Estas coberturas conservadas de Quintana Roo evitan la pérdida de hasta 7.9 Mg de hojarasca por hectárea (Cuadro 17), 0.2 Mg ha⁻¹ más de lo reportado por INEGI (2015b) para Quintana Roo y a nivel nacional, aunque la diferencia es mínima, no lo es con lo reportado en el mantillo, esto debido a que en el presente trabajo se obtuvo hasta 4.96 Mg ha⁻¹ de biomasa seca en proceso de descomposición (Cuadro 18).

En la Figura 25 podemos observar el contenido de carbono total aproximado del cuarto reservorio establecido por el IPCC, comprendida por las capas de hojarasca y mantillo.

Cuadro 17. Contenido de hojarasca por cobertura vegetal	
VEGETACIÓN	(Mg C ha⁻¹)
Selva baja espinosa subperennifolia	7.9
Selva baja subperennifolia	7.15
Selva mediana subcaducifolia	6.33
Palmar inducido	6.27
Selva baja subcaducifolia	5.58
Duna costera	5.4
Selva mediana subperennifolia	4.51
Vegetación de manglar	4.41
Palmar natural	4.38
Tular	0.81
Petén	0.82

Cuadro 17. Contenido de hojarasca por cobertura vegetal.

Cuadro 18. Contenido de mantillo por cobertura vegetal	
VEGETACIÓN	(Mg C ha⁻¹)
Selva baja espinosa subperennifolia	4.96
Selva baja subperennifolia	3.97
Selva mediana subcaducifolia	3.93
Palmar inducido	3.82
Selva baja subcaducifolia	3.66
Duna costera	3.10
Selva mediana subperennifolia	3
Vegetación de manglar	2.86
Palmar natural	0.97
Tular	0.58
Petén	S/D

Cuadro 18. Contenido de mantillo por cobertura vegetal.

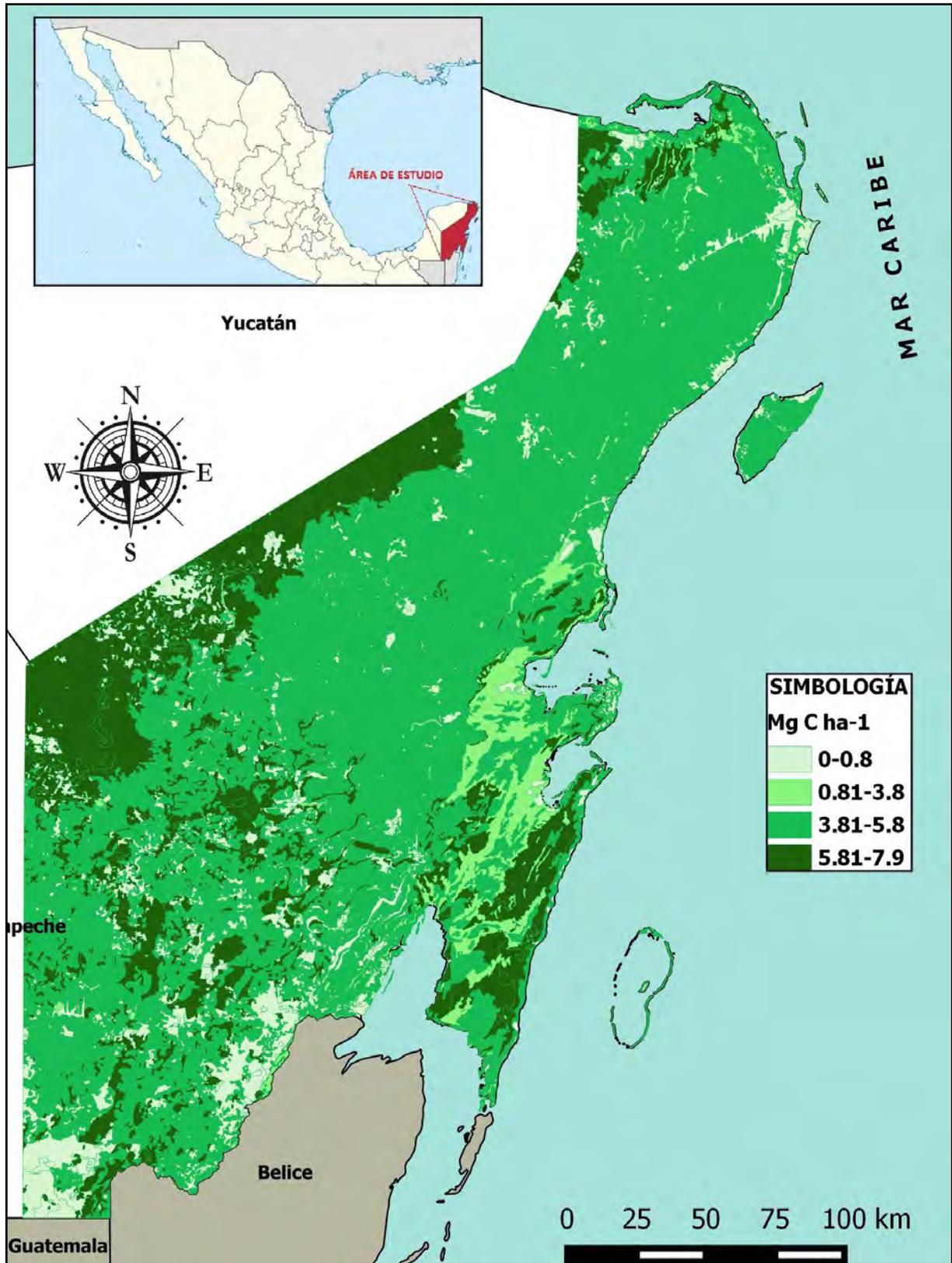


Figura 24. Contenido de hojarasca en Quintana Roo. Elaboración propia.

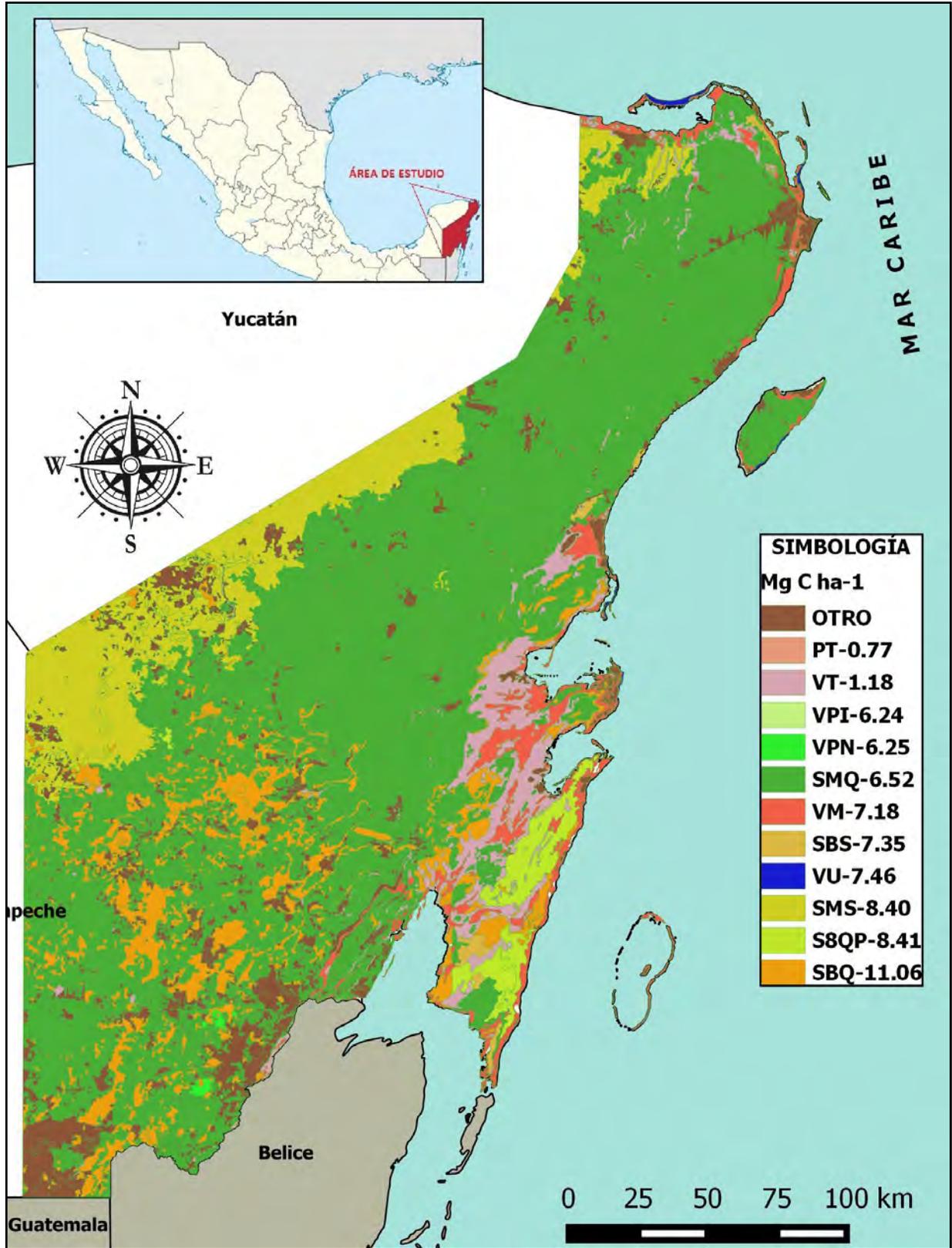


Figura 25. Contenido de carbono de la biomasa muerta en Quintana Roo. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Este trabajo es un primer estimado del contenido de carbono almacenado en las capas de hojarasca y mantillo de las formaciones vegetales presentes en el Estado de Quintana Roo. Se observó que el contenido de carbono no sólo depende del peso mismo de la biomasa depositada sobre el suelo, sino de las características que se presentan incluso a escala local, aunque se describa una misma cobertura, si la diversidad de especies que presenta, la composición y las características de las especies son diferentes existirán variaciones en los valores tanto en la acumulación de la materia depositada como en el contenido de carbono. Para Quintana Roo el matorral costero es la vegetación con mayor contenido de carbono almacenado en la hojarasca y el menor es la de duna costera (VU). En el caso del mantillo, la vegetación con mayor contenido de carbono es el mangle negro y el menor es el tular (VT). Las vegetaciones de manglar rojo, duna costera (VU) y peten (VP) no presentaron mantillo en el momento de la recolecta.

El aporte de biomasa seca depositada en el suelo por parte de la especie dominante en una formación vegetal puede representar una variable esencial e influyente con respecto a las cantidades de carbono almacenado en las dos capas del cuarto reservorio, esto debido a las características de la madera, el cual ofrecerá mayor o menor resistencia a los microorganismos que la descomponen, así como la concentración de taninos (Anexo 3), ya que, las especies con pocos taninos forman muy pequeñas cantidades de humus y el carbono se emite como CO₂, en tanto que, en especies con gran cantidad de taninos, sus residuos tienden a formar grandes cantidades de humus comparativamente.

RECOMENDACIONES

Debido a que los procesos en el flujo del carbono de las formaciones vegetales son de forma simultánea hacer observaciones temporales de la producción, acumulación, descomposición, etc.

Considerar un análisis más detallado en la composición de las especies dominantes; en el contenido de proteína, celulosa, lignina y de la composición química del tejido en descomposición, así como de las comunidades de microartrópodos del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aké-Castillo, J.A., Vázquez, G., López-Portillo, J., 2006. Litterfall and Decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a Coastal Lagoon in the Southern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia* 559, 101–111. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-0959-x>
- Alongi, D.M., 2014. Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 6, 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Ballesteros, P.X., s. f. n. Monografía del distrito electoral federal 02 del estado de Quintana Roo.
- Balvanera, P., 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Rev. Ecosistemas* 21.
- Chiappy Jhones, C., Gama, L., Giddings, L., Rico-Gray, V., Velázquez, A., 2000. Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán. *Investig. Geográficas* 28–39.
- CONAFOR, C.N.F., 2014. Conjunto de datos levantados en campo.
- CONAFOR, C.N.F., 2013. Inventario Estatal Forestal y de Suelos, Primera 2014. ed. Quintana Roo.
- CONAFOR, C.N.F., 2012. Catálogo de maderas tropicales de México.
- Connolly, R., Corea, C., 2007. Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. *Univ. Nac. Agrar. Managua Nicar.*
- DOF, 2015. Diario Oficial de la federación.
- Espinal, N., C., 2009. Extracción y caracterización fisicoquímica del contenido tánico en la corteza de cinco especies forestales procedentes del departamento de Petén, aprovechando el subproducto de la industria de aserradero.
- Fragoso, P., 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio Cerro Grande municipio de Tancítaro Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez, México. 65 p.[Links].
- Fragoso-Servón, P., 2015. Análisis espacial de los suelos de Quintana Roo.
- Gibbs, H.K., Brown, S., Niles, J.O., Foley, J.A., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environ. Res. Lett.* 2, 045023.
- Harrison, J., Ph. D., 2003. The Carbon Cycle: What Goes Around Comes Around. *Visionlearning EAS-2* (3).
- INEGI, 2013. Cartas De Uso del Suelo y Vegetación serie V, 1:250000.
- INEGI, 2010. Marco Geoestadístico Municipal.
- INEGI, I.N. de E. y G., 2016a. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2016.
- INEGI, I.N. de E. y G., 2016b. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2016.
- INEGI, I.N. de E. y G., 2015. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2015. México.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contrib. Los Grup. Trab. II III Al Cuarto Inf. Eval. Grupo Intergub. Expert. Sobre El Cambio Climático.
- IPCC, 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of working Group II to the third assesment report of the Intergovernmenta Panel on Climate Change. (No. Third). IPCC.

- IPCC, 1997. Impactos regionales ante el cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad. (Síntesis).
- Jong, B.H.J. de, 2013. Variación espacial de la biomasa viva en las selvas de la Península de Yucatán. PMC, Programa Mexicano del Carbono.
- Myers, R.L., 2013. Producción y descomposición de hojarasca en huedales dominados por palmas (Arecaceae) en el noreste de Costa Rica.
- Ordóñez, A., Maser, O., 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera Bosques* 7, 3–12.
- Orihuela, B., D. Edith, Tovilla Hernández, C., M Vester, H.F., Álvarez Legorreta, T., 2004. Flujo de materia en un manglar de la costa de Chiapas, México. *Madera Bosques* 10.
- Pachuri, R.K., Resinger, A., 2007. Cambio Climático 2007 (Informe de Síntesis). Ginebra, Suiza.
- Pérez Catellón, E.E., Ruiz Fonseca, C.J., Reyes, F.G., López Lario, J., Calero, C., others, 2013. Potencial de plantaciones forestales y fijación de carbono en Nicaragua.
- Pozo, C., Armijo, N., Calmé, S., 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo, Un Análisis para su conservación, Tomo 1, 1st ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) ; Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) ; Gobierno del Estado de Quintana Roo ; Programa de Pequeñas Donaciones-México, México, D.F. : San Cristóbal de Las Casas, Chiapas : Chetumal : Mérida, Yucatán, México.
- Pregitzer, K.S., Euskirchen, E.S., 2004. Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Glob. Change Biol.* 10, 2052–2077.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00866.x>
- Puc, K.R., Ángeles P., G., García-Cuevas, X., 2015. Biomasa y carbono aéreo en bosques tropicales secundarios de la Península de Yucatán. PMC.
- Puc, R., Kauil, Ángeles, G., Pérez, García, X., Cuevas, 2015. Biomasa y Carbono aéreo en bosques tropicales secundarios de la Península de Yucatán. PMC, Programa Mexicano del Carbono 7.
- Rodríguez-Laguna, R., Pérez, J.J., Calderón, Ó.A.A., Garza, E.J.T., Zárate, R.R., 2009. Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la Reserva de la Biósfera el Cielo, Tamaulipas, México. *Ra Ximhai* 5, 317–327.
- Roji Rosas, S.P., 2008. Estimación del contenido de carbono en mantillo del ejido de San Pedro Jácuaro en Michoacán, México. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SAGARPA, S. de A., Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2014. Resumen de cultivos de Quintana Roo. Serv. Inf. Agroaliment. Pesq.
- SEMARNAT, S. de M.A. y R., INE, I.N. de E. (Eds.), 2001. México: segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, 1. ed. ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Inst. Nacional de Ecología, México, D.F.
- SEMARNAT, S. de M.A. y R.N., 2016. Anuario estadístico de la producción forestal.
- Sosa Rubio, E.E., Pérez Rodríguez, D., Ortega Reyes, L., Zapata Buenfil, G., 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc. Pecu. En México* 42.
- Tinoco, J.A.R., Gómez-Díaz Jesús D., Monterroso-Rivas Alejandro I., Etchevers-Barra Jorge, Tavarez-Espinosa Carlos, Carrillo-Negrete Iris, 2013. Almacenes de carbono

- en la biomasa aérea de cuatro ecosistemas de la cuenca Platanar, Chiapas. PMC, Programa Mexicano del Carbono 6.
- Torres Rojo, J.M., Guevara Sanginés, A., 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Gac. Ecológica 40–59.
- Xuluc-Tolosa, F.J., Vester, H.F.M., Ramí, N., Castellanos-Albores, J., Lawrence, D., 2003. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. For. Ecol. Manag. 174, 401–412.
- Zárate, S., s.f.n. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subsp. *glabrata* 304–306.

ANEXOS



Anexo 1. Colecta de muestras de hojarasca y mantillo.



Anexo 2. Materiales y equipo.

Anexo 3. Dureza y contenido de taninos en las especies vegetales de Quintana Roo.

ESPECIE	MD	MB	TANINOS (g/Kg)
<i>Bursera simaruba</i>		X	13.85
<i>Metopium brownei</i>	X		X
<i>Thrinax radiata</i>			S/D
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	X		S/D
<i>Manilkara zapota</i>	X		0
<i>Coccoloba spicata</i>	X		S/D
<i>Vitex gaumeri</i>		X	0
<i>Gymnanthes lucida</i>	X		S/D
<i>Croton reflexifolius</i>			S/D
<i>Piscidia piscipula</i>	X		0.4
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	X		S/D
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	X		6.6
<i>Diospyros cuneata</i>			S/D
<i>Lonchocarpus xuul</i>	x		S/D
<i>Luehea speciosa</i>	X		S/D
<i>Neea psychotrioides</i>			S/D
<i>Conocarpus erectus</i>	X		S/D
<i>Gymnopodium floribundum</i>			S/D
<i>Psychotria pubescens</i>			S/D
<i>Psidium sartorianum</i>	X		S/D
<i>Sabal japa</i>			S/D
<i>Zuelania guidonia</i>	X		S/D
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	X		22.21
<i>Simarouba glauca</i>	X		0
<i>Bucida buceras</i>	X		S/D
<i>Dendropanax arboreus</i>		X	S/D
<i>Pouteria campechiana</i>	X		0
<i>Guettarda combsii</i>	X		S/D
<i>Coccoloba barbadensis</i>	X		S/D
<i>Exothea diphylla</i>			S/D
<i>Haematoxylum campechianum</i>	X		S/D
<i>Thouinia paucidentata</i>			S/D
<i>Nectandra salicifolia</i>			5.73
<i>Swartzia cubensis</i>	X		0
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>			0
<i>Myrcianthes fragrans</i>			S/D
<i>Brosimum alicastrum</i>	X		0
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	X		2.51
<i>Swietenia macrophylla</i>		X	S/D
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>			S/D
<i>Hippocratea excelsa</i>			S/D
<i>Cordia gerascanthus</i>			S/D
<i>Hampea trilobata</i>			S/D
<i>Protium copal</i>			S/D
<i>Spondias mombin</i>		X	0

<i>Cameraria latifolia</i>			S/D
<i>Gliricidia sepium</i>			0
<i>Drypetes lateriflora</i>			S/D
<i>Casimiroa tetrameria</i>			S/D
<i>Caesalpinia platyloba</i>	X		0
<i>Plumeria rubra</i>			S/D
<i>Allophylus cominia</i>			S/D
<i>Platymiscium yucatanum</i>	X		S/D
<i>Beaucarnea ameliae</i>			S/D
<i>Eugenia axillaris</i>			S/D
<i>Eugenia mayana</i>			S/D
<i>Hyperbaena winzerlingii</i>			S/D
<i>Rhizophora mangle</i>	X		X
<i>Pseudobombax ellipticum</i>		X	S/D
<i>Sickingia salvadorensis</i>	X		S/D
<i>Bunchosia swartziana</i>			S/D
<i>Samyda yucatanensis</i>			S/D
<i>Dipholis salicifolia</i>			S/D
<i>Guettarda elliptica</i>			S/D
<i>Krugiodendron ferreum</i>			S/D
<i>Tecoma stans</i>			S/D
<i>Pouteria reticulata</i>	X		S/D
<i>Caesalpinia bonduc</i>			S/D
<i>Cordia alliodora</i>		X	S/D
<i>Jatropha gaumeri</i>			S/D
<i>Pimenta dioica</i>	X		S/D
<i>Sideroxylon salicifolium</i>			S/D
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>	X		S/D
<i>Pouteria unilocularis</i>			S/D
<i>Amyris elemifera</i>			S/D
<i>Exostema caribaeum</i>			S/D
<i>Zanthoxylum kellermanii</i>			S/D
<i>Astronium graveolens</i>			S/D
<i>Casearia nitida</i>			S/D
<i>Cecropia obtusifolia</i>		X	0
<i>Cordia dodecandra</i>	X		S/D
<i>Avicennia germinans</i>	X		X
<i>Parmentiera aculeata</i>			S/D
<i>Pithecellobium leucospermum</i>			S/D
<i>Cocos nucifera</i>			S/D
<i>Lysiloma acapulcense</i>	x		S/D
<i>Neomillspaughia emarginata</i>			S/D
<i>Roystonea dunlapiana</i>			S/D
<i>Hippocratea celastroides</i>			S/D
<i>Sapindus saponaria</i>			S/D
<i>Albizia tomentosa</i>			S/D
<i>Erythrina standleyana</i>			S/D
<i>Sabal mexicana</i>			S/D
<i>Crescentia cujete</i>			S/D

<i>Forchhammeria trifoliata</i>			S/D
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	X		X (29.05 g/Kg)
<i>Acacia cornigera</i>			S/D
<i>Talisia floresii</i>			S/D
<i>Cochlospermum vitifolium</i>		X	S/D
<i>Alseis yucatanensis</i>	X		S/D
<i>Cryosophila argentea</i>			S/D
<i>Diphysa carthagenensis</i>			S/D
<i>Ficus cotinifolia</i>	X		S/D
<i>Machaonia lindeniana</i>			S/D
<i>Malmea depressa</i>			S/D
<i>Alvaradoa amorphoides</i>			S/D
<i>Ceiba aesculifolia</i>		X	S/D
<i>Ceiba schottii</i>			S/D
<i>Thevetia gaumeri</i>	X		S/D
<i>Trichilia minutiflora</i>			S/D
<i>Guazuma ulmifolia</i>		X	0
<i>Acrocomia mexicana</i>			S/D
<i>Bunchosia glandulosa</i>			S/D
<i>Ficus carica</i>			S/D
<i>Chrysophyllum cainito</i>			S/D
<i>Croton fragilis</i>			S/D
<i>Vatairea lundellii</i>			S/D
<i>Beaucarnea plabilis</i>			S/D
<i>Ficus lapathifolia</i>			S/D
<i>Ficus pertusa</i>			S/D
<i>Leucaena leucocephala</i>		X	0
<i>Melicoccus oliviformis</i>		X	S/D
<i>Annona squamosa</i>			S/D
<i>Cordia sebestena</i>			S/D
<i>Mastichodendron capiri</i>			S/D
<i>Acacia gaumeri</i>			S/D
<i>Arctostaphylos pungens</i>			S/D
<i>Centrosema virginianum</i>			S/D
<i>Ficus salicifolia</i>			S/D
<i>Guettarda gaumeri</i>			S/D
<i>Maytenus</i>			S/D
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>			S/D
<i>Talisia oliviformis</i>			S/D
<i>Thevetia peruviana</i>			S/D
<i>Trichilia glabra</i>			S/D
<i>Zanthoxylum caribaeum</i>			S/D
<i>Jacquinia aurantiaca</i>			S/D
<i>Acacia cochliacantha</i>			S/D
<i>Albizia niopoides</i>			S/D
<i>Amyris sylvatica</i>			S/D
<i>Annona primigenia</i>			S/D
<i>Bauhinia divaricata</i>	X		15.49
<i>Bauhinia herrerae</i>			S/D

(CONAFOR, 2014) <i>Bauhinia unguolata</i>			S/D
<i>Castilla elastica</i>		X	S/D
<i>Cedrela odorata</i>		X	S/D
<i>Chrysobalanus icaco</i>			S/D
<i>Coccoloba acapulcensis</i>			S/D
<i>Croton draco</i>			S/D
<i>Croton niveus</i>			S/D
<i>Eugenia racemiflora</i>			S/D
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>		X	S/D
<i>Lantana urticifolia</i>			S/D
<i>Nectandra ambigens</i>	X		S/D
<i>Simira salvadorensis</i>	X		S/D
<i>Tabebuia chrysantha</i>	X		S/D
<i>Trema micrantha</i>		X	S/D
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>			S/D
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X		0.27

Anexo 3. Dureza y contenido de taninos en las especies vegetales levantadas en campo. Fuente: (CONAFOR, 2014), Sosa Rubio (et al., 2004), CONAFOR (2012), , Rebollar and Quintanar (2000), Mendoza and Pérez (2011), Griseb (1860) y Roja and Vibrans (2010).

