

ESTUDIO DE CASO: SMIC DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE

Ligia Guadalupe Esparza Olgúin; Noel Antonio González Valdivia; Marcela Olgúin Álvarez; Craig Wayson; Oswaldo Ismael Carrillo Negrete; Vanessa Maldonado Montero; David López Merlín; Isidra Pérez; María Alejandra Haas Ek; José Yony Crisel Sima Sánchez; Demetrio Álvarez



Colaboraron en el proyecto:

Dr. Ben de Jong. Colaborador

Bióloga Sandra Lorena Santamaría Rojas. Estudiante maestría

Ejidatarios de la comunidad de Dos Lagunas Norte, Calakmul

Contenido

CAPÍTULO 1. DISEÑO GENERAL DEL SITIO DE MONITOREO INTENSIVO DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL	6
1.1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.2. SITIO DE MONITOREO INTENSIVO DE CARBONO DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.....	7
1.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS CONGLOMERADOS.....	9
1.4. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN A DIFERENTES ESCALAS.....	14
1.5. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA RELEVANTES.....	15
CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO PARA LA COLECTA DE DATOS DEL ARBOLADO VIVO Y MUERTO EN PIE, EN EL SMIC EN DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE	16
2.1 ESTABLECIMIENTO DE ÁREAS DE MUESTREO PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA	16
2.2 TRAZADO DE CONGLOMERADO	17
2.3 CÁLCULO DE BIOMASA AÉREA.....	18
2.3.1 ÁRBOLES Y ARBUSTOS $2.5 \text{ CM} \leq \text{DN} < 7.5 \text{ CM}$	18
2.3.2 ÁRBOLES Y PALMAS CON DIÁMETRO NORMAL $\geq 7.5 \text{ CM}$	19
2.3.3 ÁRBOLES CON DIÁMETRO NORMAL $\geq 20 \text{ CM}$	19
2.4 CRITERIOS PARA MEDIR DN, ALTURA Y LONGITUD	19
2.5 CRITERIOS PARA MEDIR DN, ALTURA Y LONGITUD EN ÁRBOLES MUERTOS EN PIE.....	20
2.6 CÁLCULO DE BIOMASA.....	21
CAPÍTULO 3. ENSAYOS DE BIOMASA EN VEGETACIÓN ASOCIADA EN EL SMIC EN DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE	23
3.1 INTRODUCCIÓN.....	23
3.2 PLANEACIÓN DE GABINETE PARA EL TRABAJO DE CAMPO	23
3.3 ENSAYO DE APORTACIÓN DE CARBONO A PARTIR DE LA VEGETACIÓN ASOCIADA	23
3.4 ÁREA DE ESTUDIO PARA LOS ENSAYOS DE VEGETACIÓN ASOCIADA	23

3.5	DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS.....	24
3.6	CRITERIOS PARA LA TOMA DE DATOS EN CAMPO.....	24
3.7	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE VEGETACIÓN ASOCIADA EN CAMPO.....	25
3.8	PESADO Y PRE-SECADO DE MUESTRAS DESPUÉS DE LAS COLECTAS 26	
3.9	MANEJO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO.....	27
	ANEXO.....	28
CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE CAÍDA DE HOJAS EN EL SMIC CALAKMUL, CAMPECHE.....		29
4.1	INTRODUCCIÓN.....	29
4.2	OBJETIVO:	30
4.3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
4.3.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	30
4.4	DISEÑO DE MUESTREO PARA ESTIMACIÓN DE BIOMASA DE HOJA CAIDA.....	32
4.5	PROCESAMIENTO EN LABORATORIO.....	33
4.6	PROBLEMÁTICAS EN EL SITIO.....	34
	Anexo 1. Formato de registro de datos en campo para hoja caída en trampas circulares establecidas en el SMIC de Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche.	34
CAPÍTULO 5. PROTOCOLO PARA ENSAYOS DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS EN EL SMIC DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.....		36
5.1	INTRODUCCIÓN.....	36
5.2	OBJETIVOS:	37
5.3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
5.3.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	37
5.4	DISEÑO DE MUESTREO PARA DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS.....	39
5.5	ETIQUETADO.....	40
5.6	COLECTA DE DATOS EN LOS ENSAYOS DE PÉRDIDA DE BIOMASA EN BOLSAS DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS.....	41
5.7	ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE MASA.....	42



5.8	PROBLEMÁTICAS EN EL SITIO	42
	ANEXO 5.1 . FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO PARA DESCOMPOSICIÓN DE HOJA CAÍDA EN EL SMIC DE DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.....	43
	ANEXO 5.2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN LABORATORIO PARA DESCOMPOSICIÓN DE HOJA CAÍDA EN EL SMIC DE DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.....	44
	REFERENCIAS.....	45

CAPÍTULO I. DISEÑO GENERAL DEL SITIO DE MONITOREO INTENSIVO DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL

1.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el reporte más reciente del IPPC (2013) el calentamiento del sistema climático es inequívoco, y los cambios observados desde la década de los cincuentas no tienen precedente en los milenios anteriores. La influencia de las actividades humanas en el sistema climático es evidente por el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, el calentamiento observado y el forzamiento radiativo. En México se han implementado acciones de diverso índole para enfrentar este problema entre las que se encuentra el proyecto México-Noruega: “Fortalecimiento de la preparación REDD+ en México y fomento de la cooperación Sur-Sur”.

El proyecto tiene la tarea de desarrollar e implementar un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV). Este sistema se centra en estrategias y políticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas de la deforestación y degradación forestal, así como la conservación, manejo sostenible de los bosques y el mejoramiento del contenido de carbono (REDD+).

Entre las acciones de mediano plazo contempladas dentro del proyecto: “Fortalecimiento del proceso de preparación para REDD+ en México y fomento a la Cooperación Sur-Sur”, se establece el avance hacia la estimación de cambios en el contenido de carbono forestal con un nivel Tier 3.

Una estrategia para compilar la información necesaria para estimar el contenido de carbono forestal es el uso de modelos y la implementación de sitios de monitoreo intensivo de carbono (SMIC). Estos SMIC permiten la descripción detallada de los sitios y los cambios en el contenido de carbono por efecto del cambio de uso de suelo y la cobertura vegetal, así como por procesos de degradación.

El proyecto México-Noruega (PMN) conformó desde 2012 una alianza entre diversas instituciones de investigación. Investigadores del Colegio de Postgraduados (COLPOS), el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR), U’yoolche A.C., el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS, por sus siglas en Inglés), M-REDD (The Nature Conservancy), que han impulsado la formación de una red de sitios de monitoreo intensivo (SMI) de carbono en el contexto de REDD+.

En este documento se describen los avances realizados en el Sitio de Monitoreo Intensivo en el ejido Dos Lagunas Norte, Municipio de Calakmul, Campeche. El SMIC de Dos Lagunas Norte, permitirá la descripción detallada de los sitios y de los cambios en el contenido de carbono por efecto del cambio de uso del suelo y el desarrollo de la vegetación en la región de Calakmul, considerada como el área con mayor extensión de selvas en buen estado de conservación del país (Galindo-Leal 1999, Vester et al. 2004).

1.2. SITIO DE MONITOREO INTENSIVO DE CARBONO DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.

En México, la selva mejor conservada y con mayor extensión se localiza en la región de Calakmul, Campeche (Galindo-Leal, 1999), que desde 1989 alberga a la Reserva de la Biosfera de Calakmul. Los suelos en la región de Calakmul se caracterizan por ser del tipo de los vertisoles (cálcicos, sálicos, sódicos e hísticos), gleysoles (cálcicos) y fluvisoles (cálcicos) que están asociados a valles y depresiones inundables; y por otro lado, suelos jóvenes del tipo de los litosoles y las redzinas que se encuentran en colinas, laderas y mesetas de desarrollo cárstico (García-Gil et al. 2002). Se sitúa en tres cuencas; Laguna de Términos, Cerrada y la Bahía de Chetumal, pertenecientes a las regiones hidrológicas Grijalva-Usumacinta y Yucatán este. El clima es cálido subhúmedo AW con lluvias en verano (junio a noviembre). La temperatura promedio anual es de 24.6°C, con temperaturas extremas entre 4 y 40°C. La precipitación promedio anual es de 1076.2 mm, teniendo variaciones en los promedios anuales de entre 552 y 1634 mm. La precipitación media anual varía entre 1200 y 1500 mm al centro de la región, incrementándose al sur hasta tener entre 1500 y 2000 mm (García- Gil et al. 2002). La región alberga una gran heterogeneidad vegetal a pesar de su escaso relieve (Martínez y Galindo-Leal 2002), que se refleja en las 2200 especies de plantas que podrían representar el 80% de la flora reportada para la Península de Yucatán, y de las cuales el 10% son endémicas (Martínez et al. 2001). En Calakmul es posible encontrar selvas altas perennifolias, selvas altas, medianas y bajas subperennifolias, selvas medianas subcaducifolias, selvas bajas caducifolias, palmares, matorrales tropicales sabaneros, sabanas, manglares, popales, carrizales y tulares, constituyendo alrededor de 26 asociaciones vegetales distintas (Martínez et al. 2001, Martínez y Galindo-Leal 2002).

Esta vegetación han estado influenciada por distintos factores antropogénicos como: las prácticas agrícolas intensivas (construcción de terrazas y campos inundables) que practicaban los mayas (Harrison, 1990); la extracción de

látex desde finales del siglo XIX (Ponce, 1990); y más recientemente el acelerado proceso de colonización humana. Esta colonización, que tuvo auge entre los años 70's y 90's, como consecuencia de la apertura de "la última frontera agrícola del país" (Ericsson *et al.*, 1999, García-Gil y Pat-Fernández, 2000; Turner II *et al.*, 2001; Díaz-Gallegos *et al.*, 2002; Vester *et al.*, 2007), generó procesos de urbanización y la apertura de campos agrícolas y ganaderos. En 1989 se decretó la Reserva de la Biosfera de Calakmul, con la finalidad de conservar la biodiversidad de la región. No obstante, las prácticas agrícolas y ganaderas han provocado que las selvas de Calakmul constituyan un heterogéneo mosaico de vegetación en distintos estados sucesionales.

Esta área es ideal para estudiar procesos asociados con REDD+ (Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal), dado que se pueden realizar estudios de los cambios en los almacenes de carbono en áreas degradadas, deforestadas y en recuperación.

Así, el sitio elegido para desarrollar el SMIC en Calakmul fue el ejido Dos Lagunas Norte (DLN). Este ejido está ubicado al norte de Calakmul y forma parte de los ejidos asociados a la Reserva de la Biosfera de Calakmul (REBICA). Cuenta con selvas medianas y bajas subperennifolias, incluyendo aquella denominada localmente "bajo inundable", selvas medianas y bajas subcaducifolias, áreas de vegetación secundaria (acahuales) en distintos estados sucesionales, zonas agrícolas y pastizales. Este sitio presenta e incorpora toda la gama de manejos y usos de suelos comunes en la región, que proporciona un paisaje altamente representativo de Calakmul, y de la parte sur y central del estado de Campeche (figura 1.1).

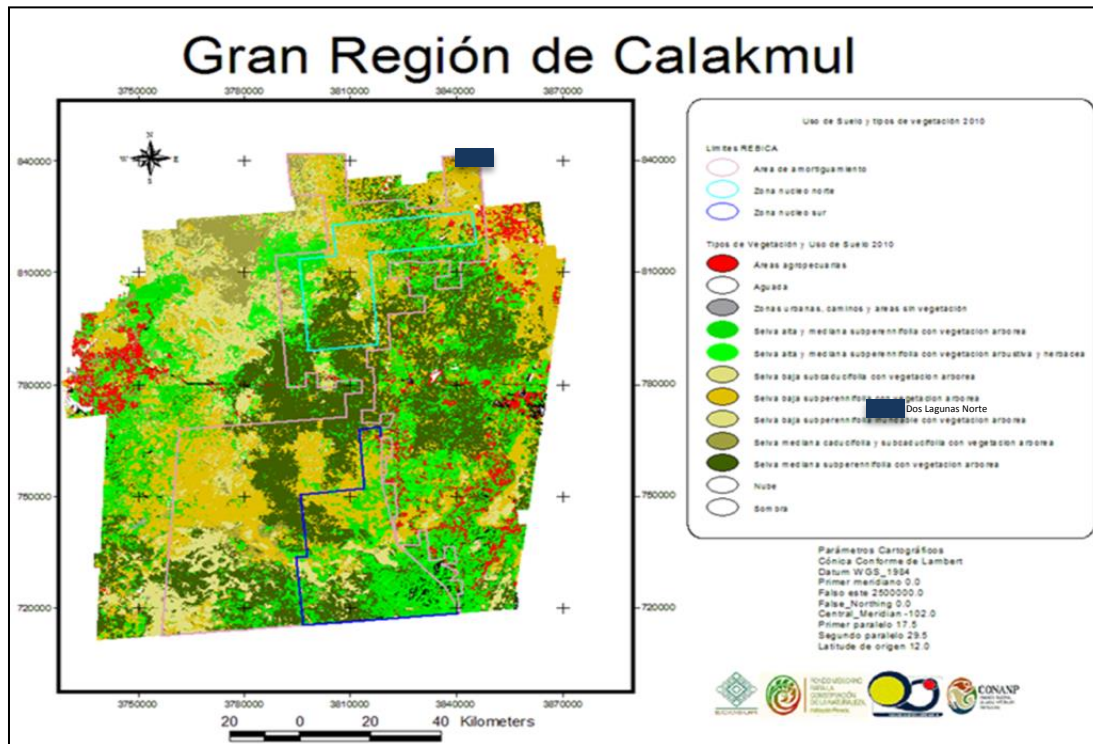


Figura 1.1. Mapa de la cobertura vegetal y de uso de suelo de la Región de Calakmul (municipio) y la ubicación del ejido Dos Lagunas Norte.

1.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS CONGLOMERADOS

La distribución de los conglomerados para el sitio de monitoreo intensivo de carbono se realizó siguiendo los requisitos planteados por Olguín *et al.* (2012) como base para desarrollar modelos de estimación precisos:

- Que representen paisajes cuya contribución al balance neto de emisiones de gases de efecto invernadero del sector forestal en el país sean significativas.
- Que permitan un soporte multi-institucional (Instancias de gobierno, academia, organizaciones no gubernamentales), que facilite la generación/disponibilidad de datos para los modelos.
- Que contribuyan con otras iniciativas nacionales e internacionales (acciones tempranas de CONAFOR, Servicio Forestal de Estados Unidos, M-REDD)

Para la ubicación de los conglomerados, con ayuda de los Técnicos Comunitarios Sebastián Méndez, Antonio López Cruz, Francisco Cusical Caal y Mateo Arcos, se realizaron recorridos de reconocimiento y localización de ambientes dentro del ejido (figura 1.2). Esto permitió caracterizar algunas áreas y tener información preliminar acerca de la distribución de ambientes de selva así como de vegetación secundaria (acahuales) de diferente edad de sucesión en el paisaje, después que los suelos hubieron sido utilizados en la agricultura de temporal (milpa), así como su historia de uso.

Los ejidatarios se comprometieron a no utilizar las parcelas incluidas en el SMI durante al menos dos años, aunque la mayoría de ellos pretenden seguir dando manejo forestal a las mismas, sin volver a la agricultura.

En primera instancia se planteó una distribución de conglomerados en un área de 4x4 km, basada en un enfoque ecosistémico que representaba: la cronosecuencia (fases sucesionales) de la Selva Mediana Subperennifolia (reserva ejidal o área de conservación) desde su fase madura hasta distintas edades de vegetación secundaria derivadas del sistema de tumba-roza-quema o agricultura migratoria aplicadas en la misma, la variabilidad inducida por prácticas de manejo silvícola dentro de las áreas de vegetación secundaria, las selvas bajas inundables y las selvas subcaducifolias (figura 1.3). Bajo este enfoque se trazaron 32 conglomerados, levantando información correspondiente a datos dendrométricos.



Selvas inundables (bajos inundables)



Selvas medianas subperennifolias



Vegetación secundaria (acahuales)

Figura 1.2. Imágenes que ejemplifican las diferentes coberturas de vegetación localizadas en el ejido Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche.

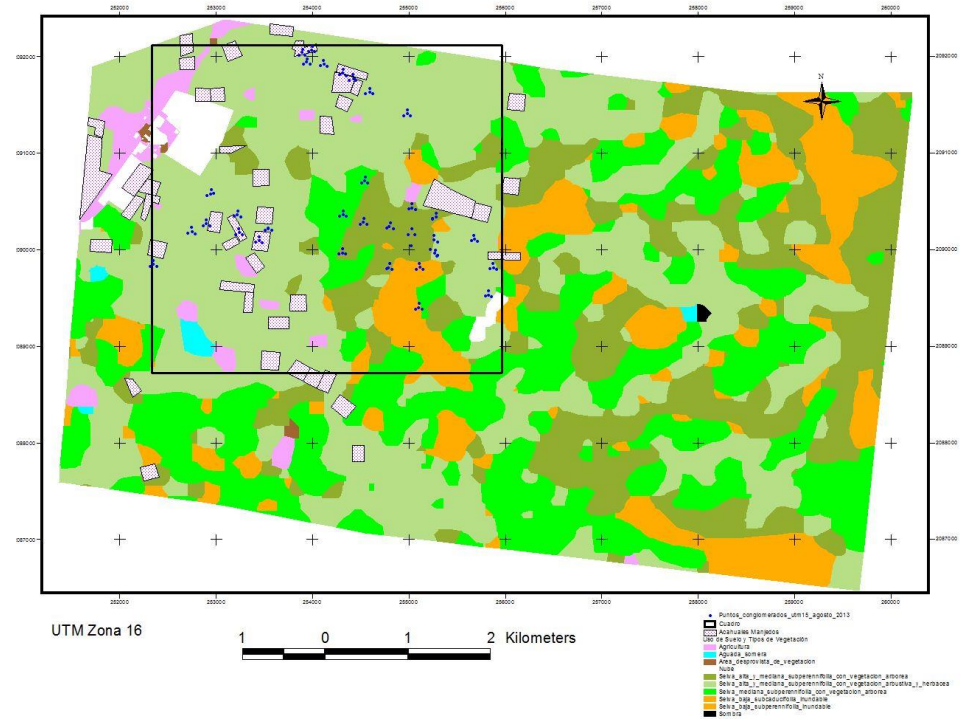
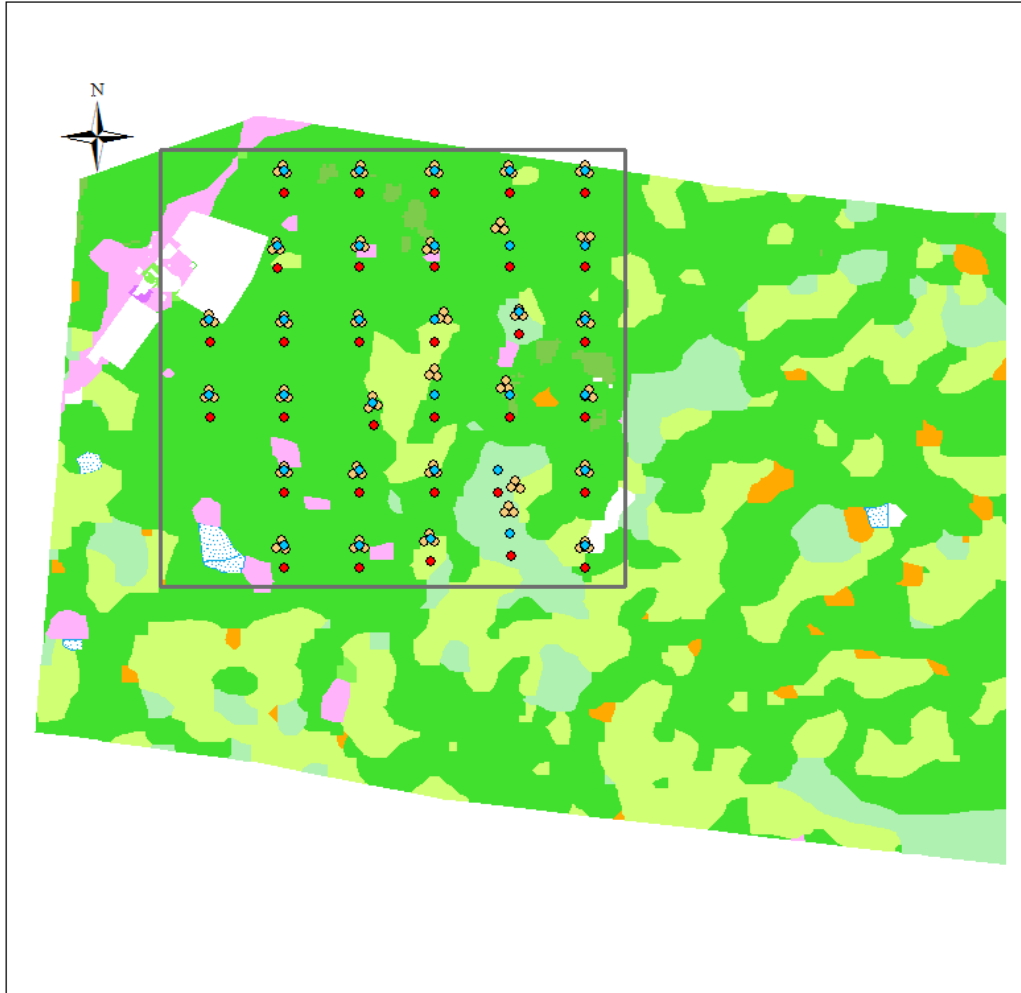


Figura 1.3. Esquema de ubicación de 32 conglomerados dentro de un cuadro de 4x4 km en el SMIC de Dos Lagunas Norte, Calakmul, bajo un enfoque ecosistémico.

No obstante, fue necesario modificar este planteamiento y reubicar los conglomerados en función de un enfoque de paisaje, donde la ubicación sistemática de los conglomerados es muy importante (figura 1.4). Bajo este enfoque se trazaron 32 conglomerados en los cuales se realizó o realizará el análisis de los cinco reservorios de carbono (biomasa área, biomasa subterránea, mantillo, madera muerta, suelo) y la dinámica de los flujos entre estos. Esto nos permitirá entender el tamaño relativo de los reservorios y la velocidad de los flujos entre éstos.

Sitio de Monitoreo Intensivo Dos Lagunas Nortes, Calakmul



Coordinate System: NAD 1927 UTM Zone 16N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: North American 1927
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 0.0000
 Central Meridian: -87.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

Legend





-  Puntos centrales archivo cvs
-  Puntos centrales conafor
-  Cuadro_DLN4_UTM16
-  cuadro_2In

Figura 1.4. Esquema de ubicación de 32 conglomerados dentro de un cuadro de 4x4 km en el SMIC de Dos Lagunas Norte, Calakmul, bajo un enfoque de paisaje.

1.4. INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN A DIFERENTES ESCALAS

Existen diferentes documentos en los cuales se describen las coberturas vegetales y los usos de suelo presentes en Calakmul, así como los cambios que han sufrido a lo largo del tiempo. Estos trabajos incluyen mapas que pueden usarse para hacer una integración de la información a distintas escalas.

Entre los documentos que se pueden mencionar están los mapas de paisajes, que incluyen la cobertura vegetal y usos de suelo, del ordenamiento territorial del municipio de Calakmul, Campeche (Arreola-Muñoz et al. 2008). La escala de estos mapas es 1:250,000 y en este caso integran también aspectos de geomorfología. Este documento contiene más de 40 mapas que describen las características bióticas y abióticas, el uso y el estatus de conservación de las masas forestales de Calakmul.

Actualmente, el proyecto “Construction of a Monitoring System of Factors of Emission Adapted to the Local Conditions of the States of Campeche and Chiapas for Governors’ Forests and Climate Fund”, elabora mapas escala 1:50,000 en los que retoma el plantamiento de paisajes. En estos mapas se integran características geomorfológicas con las coberturas de vegetación y uso de suelo, así como su dinámica temporal.

Otros mapas de la región de Calakmul, son los elaborados por el “Proyecto de la Región Sur de la Península de Yucatán, SYPR” (Lawrence et al. 2004). Este proyecto generó mapas de uso de suelo y cobertura vegetal para la Región de Calakmul, escala 1:35,000. Estos mapas corresponden a los años 1987, 1995 y 2000.

El proyecto “Monitoreo Adaptativo de la Reserva de la Biosfera de Calakmul” generó mapas escala 1:25,000 del uso de suelo y la cobertura vegetal para la Región de Calakmul (Martínez-Romero et al. 2012). En este caso se trata de mapas que tienen la clasificación de Inegi, y fueron construidos para los años 1987, 1995, 2000 y 2010.

Por otra parte, el proyecto “Impacto de los procesos de cambio de uso de suelo y la deforestación en la biodiversidad de comunidades vegetales en el estado de Campeche” (Esparza-Olguín et al. 2013), contiene mapas escala 1:250,000 para el estado de Campeche y mapas 1:25,000 para Calakmul. Estos mapas usan la clasificación de INEGI y se elaboraron para los años 1976, 2002, 2010 (estado), y 1995, 2000, 2009 para Calakmul.

Existen además distintas organizaciones y grupos de trabajo (Pronatura, GIZ, Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX, etc.), que han financiado o generado mapas de la cubierta vegetal de Calakmul y el uso de suelo. Desafortunadamente estos trabajos no han sido publicados, no obstante es posible que se pueda tener acceso a estos si se solicitan a los diferentes grupos y organizaciones.

1.5. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA RELEVANTES

Actualmente hay investigaciones en el estado de Campeche, en los cuales se están retomando aspectos metodológicos para la medición de biomasa de este proyecto. La investigación “Construction of a Monitoring System of Factors of Emission Adapted to the Local Conditions of the States of Campeche and Chiapas for Governors’ Forests and Climate Fund” es un buen ejemplo de esto. En este trabajo se generará una metodología que permita a los estados de Chipas y Campeche medir y monitorear sus reservorios de carbono a nivel de biomasa área (arbolado y madera muerta). La metodología que se está empleando para el trabajo de campo y que se documenta en la guía que se está elaborando es la misma que estamos empleando en los SMIC, con pequeñas adecuaciones. Se pretende que esta metodología sea la base para la elaboración de la medición y el monitoreo del carbono en las masas forestales de otros estados, en particular los que recientemente se unieron a Chiapas y Campeche como parte de GCF (Jalisco, Quintana Roo y Tabasco).

Nos parece factible y deseable que esta metodología también sea empleada en el resto de los estados del país, con sus correspondientes ajustes, para la estimación de la cantidad de biomasa contenida en los bosques mexicanos. El uso de esta metodología en todo el país facilitaría la generación de redes de monitoreo a nivel nacional. Estas redes generarían datos que podrían ser usados por los gobiernos (local, municipal, estatal y nacional) para la toma de decisiones, y la generación o implementación de políticas públicas en materia de Mitigación a Cambio Climático. Los resultados de este trabajo también podrían emplearse para evaluar diferentes propuestas de manejo sustentable forestal, integrando aspectos de mitigación.

En el caso particular del estado de Campeche, se pretende que esta metodología sea empleada por todos los actores interesados en generar estimaciones de carbono de las masas forestales del estado. Con la finalidad de poder contar con una red de monitoreo que facilite datos al gobierno del

estado, comunidades, prestadores de servicios, productores, ONG, academia, etc. para la toma de decisiones.

CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO PARA LA COLECTA DE DATOS DEL ARBOLADO VIVO Y MUERTO EN PIE, EN EL SMIC EN DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE

2.1 ESTABLECIMIENTO DE ÁREAS DE MUESTREO PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA

Cada área de muestreo (conglomerado) incluye cuatro parcelas circulares (figura 2.1). La primera parcela se ubicó en la parte central del área de muestreo y posee un diámetro de 17.84 m, con un área total de 1000 m². La segunda parcela se ubicó al norte franco de la parcela central, a 45.14 m lineales de distancia entre los centros de ambas parcelas. Esta parcela, al igual que las restantes, tiene un diámetro de 11.28 m y un área de 400 m². La tercera parcela se ubicó a 45.14 m de la central en dirección sureste, en un ángulo de 120°. La cuarta parcela se localizó en dirección suroeste en un ángulo de 240° a 45.14 m de distancia respecto a la parcela central.

En el caso de la parcela central se colocaron además dos círculos anidados, uno de 400 m² y otro con un diámetro de 5.04 m. En el resto de las parcelas se anidó únicamente un círculo concéntrico con un diámetro de 5.04 m, es decir 80 m² de área.

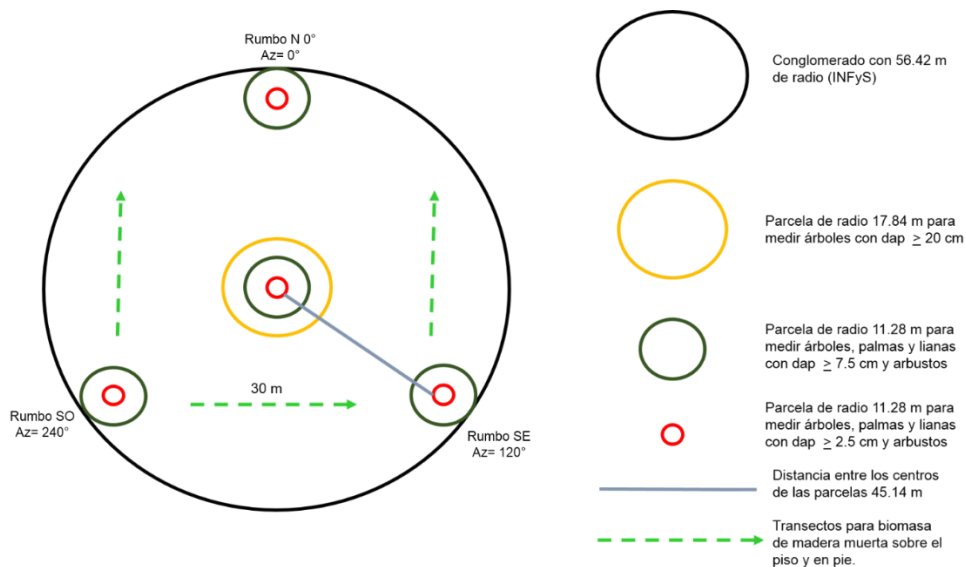


Figura 2.1. Diseño del conglomerado modificado del INFyS con parcelas circulares para la colecta de información para estimaciones de carbono.

2.2 TRAZADO DE CONGLOMERADO

Para trazar los conglomerados se emplearon los siguientes pasos (figura 2.2):

- 1.- Se ubicó el centro del conglomerado, y se tomó foto de las coordenadas del GPS.
- 2.-Con cinta y brújula se marcaron los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este y oeste)
- 3.-Con clinómetro, se obtuvo la pendiente de los puntos cardinales y de las líneas a 45° entre los puntos cardinales
- 4.-Con el promedio de las pendientes, se obtuvo la distancia compensada para delimitar los sitios de 80, 400 y 1000 m². La correcta delimitación de los sitios fue muy importante pues definió los árboles que entran o no en cada círculo
- 5.-Desde el centro del conglomerado, se trazó una línea con brújula y cinta métrica, en dirección norte 0°, a 45.14 metros, para ubicar el centro del sitio 2. Se usaron dos brújulas en los extremos de la línea de trazo, para cotejar el azimut y contra-azimut. Así se logró que el centro del sitio 2 no fuese desplazado.
- 6.-Se compensaron las distancias, como se mencionó en el punto 5, para la delimitación de los sitios de 80 y 400 m².
- 7.-Para el trazo del sitio 3, se regresó al centro del conglomerado, y se trazó una línea con cinta y brújula con azimut 120°. Se delimitaron los círculos de 80 y 400 m² como se mencionó en el punto 4.
- 8.- Para el trazo del sitio 4, se regresó al centro del conglomerado, y se trazó una línea con cinta y brújula con azimut 240°. Se delimitaron los círculos de 80 y 400 m² (punto 4.)



Figura 2.2. Pasos seguidos para trazar las cuatro parcelas de cada uno de los 32 conglomerados en el SMIC, Calakmul, Campeche.

2.3 CÁLCULO DE BIOMASA AÉREA

2.3.1 ÁRBOLES Y ARBUSTOS $2.5 \text{ CM} \leq \text{DN} < 7.5 \text{ CM}$

En las parcelas de 80 m^2 se midieron los árboles, palmas y arbustos a partir de 2.5 cm. En el caso de individuos con rebrotes se consideró que si había una rama que cumpliera con los 2.5 cm de dn se medía el individuo, es decir se midieron todas las ramas del mismo. La numeración se inició a partir del árbol más cercano al norte 0° , siguiendo las manecillas del reloj. Se registraron el nombre común, altura y longitud de cada individuo.

Además, cada individuo se marcó con aerosol, para señalar el sitio donde se tomó el diámetro normal (dn) y por encima de esta marca se colocó una etiqueta de metal indicando el #conglomerado, #sitio, #rebanada, #individuo, #rama-rebote.

2.3.2 ÁRBOLES Y PALMAS CON DIÁMETRO NORMAL ≥ 7.5 CM

En las parcelas de 400 m² se midieron los árboles y palmas con diámetro normal (dn) ≥ 7.5 cm.

Los individuos se contabilizaron a partir del árbol más cercano al norte 0°, siguiendo las manecillas del reloj (figura 2).

De cada individuo se registró el nombre científico, común, dn, altura, longitud total y la condición del árbol (vivo, muerto, tocón).

Cada individuo se marcó con aerosol (con un color llamativo), para marcar el dap, y arriba de esta marca, se puso una etiqueta indicando #conglomerado, #sitio, #rebanada, #individuo, #rama/rebote.

En el caso de individuos con rebrotes se consideró que si había una rama que cumpliera con los 7.5 cm de dn se medía el individuo, es decir se midieron todas las ramas del mismo.

2.3.3 ÁRBOLES CON DIÁMETRO NORMAL ≥ 20 CM

En la parcela de 1,000 m² se midieron los árboles con dn ≥ 20 cm. Los individuos se contabilizaron a partir del árbol más cercano al norte 0°, siguiendo las manecillas del reloj. Se registraron el nombre común, diámetro normal, altura y condición. Cada árbol se marcó con aerosol (con un color llamativo), y se puso una etiqueta de aluminio indicando #conglomerado, #sitio, #rebanada, #individuo, #rama/rebote.

Igual que en los casos anteriores de encontrarse algún individuo con rebrotes se consideró que si había una rama que cumpliera con los 20 cm de dn se medía el individuo, es decir se midieron todas las ramas del mismo.

2.4 CRITERIOS PARA MEDIR DN, ALTURA Y LONGITUD

En todos los casos para medir el dn, es decir el diámetro a 1.30 m en los árboles y arbustos se usaron los criterios propuestos por Matthews et.al. 2006, con las modificaciones propuestas por el INFyS. En cuanto a altura se

consideró a la altura como la distancia de la línea vertical que une la base del árbol y la parte más alta de la copa. Mientras que la longitud se tomó como la distancia entre la base y la parte más alta del árbol.

2.5 CRITERIOS PARA MEDIR DN, ALTURA Y LONGITUD EN ÁRBOLES MUERTOS EN PIE

En las todas las parcelas siguiendo los mismos pasos, se registró la información de los árboles muertos en pie (figura 2.3).



Figura 2.3. Árboles muertos en pie. Imagen modificada de Walker et al. 2009.

Se midió el dn de los árboles, utilizando el criterio para los árboles vivos, registrando la altura total (Figura2.4).



Figura 2.4. Altura de árboles muertos en pie. Modificada de Walker et al., 2009

2.6 CÁLCULO DE BIOMASA

El cálculo de biomasa por individuo se hizo empleando las ecuaciones alométricas más cercanas a las áreas de estudio, es decir, con condiciones semejantes (tipo de vegetación). En el caso de Campeche se emplearon las ecuaciones alométricas reportadas por Cairns et al. (2003) y modificada por Urquiza-Haas et al. (2007) para individuos con diámetros > 10 cm (ec. 1) y Hug

es
et al.
(19

$$AGB \text{ (kg)} = \exp \left\{ -2.173 + 0.868 \ln(D^2TH) + \left(\frac{\rho_1}{\rho_m} \right) \right\} \quad \text{ec. 1}$$

99) para individuos con diámetros < 10cm (ec. 2):

Dónde:

D = Diámetro del tronco a 1.30 m de altura

TH = Altura total del árbol (longitud total en los casos especiales – ver sección “c. Criterios generales para medir la altura y la longitud en árboles y arbustos”)

ρ_1 = Densidad de madera por árbol (gcm-3)

$$\rho_m = \text{Pro medi} \quad AGB (Mg) = \exp \left((4.9375 + 1.0583 \ln(D^2)) * \frac{1.14}{10^6} * \left(\frac{\rho_i}{\rho_{av}} \right) \right) \quad \text{ec. 2}$$

o de densidad de madera de árboles usado para generar la ecuación (0.75gcm-3)

Dónde:

ρ_i = Densidad de madera de cada árbol (a nivel de especie, género o promedio del sitio) en gcm-3

ρ_{av} = Promedio de densidad de madera de árboles por sitio

La densidad de madera de cada especie fue tomada de los valores reportados para especies de árboles tropicales por diversos autores (Chave et al. 2005, Fearnside 1997, Nogueira et al. 2005, Sotomayor-Castellanos y Hernández-Maldonado 2012, Torelli and Zeljko 1995, Valdez-Hernández et al. 2010, Vandecar et al. 2011, Zanne et al. 2009).

CAPÍTULO 3. ENSAYOS DE BIOMASA EN VEGETACIÓN ASOCIADA EN EL SMIC EN DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE

3.1 INTRODUCCIÓN

La vegetación secundaria es una comunidad compuesta por una composición florística variable en función del tiempo de abandono (Giraldo-Cañas, 2000; Castillo-Campos y Laborde-D, 2004). Dentro de la composición florística de la vegetación, es importante conocer el comportamiento de la VA, conociendo su adaptabilidad en el ambiente y el comportamiento de aportación de carbono al medio. En los conglomerados se establecieron parcelas de ensayo para monitorear VA. Para los ensayos se tomarán en cuenta número de individuos por especies y en general, contabilizando cuantas especies diferentes se encontraron en cada parcela establecida.

3.2 PLANEACIÓN DE GABINETE PARA EL TRABAJO DE CAMPO

Para tener mejores resultados en trabajos de campo, por obligación es necesario tener organizado con detalles, el procedimiento por el cual se va a realizar el trabajo de campo. Para ello es elaborado este protocolo de ensayo, el cual especifica paso a paso como se va a realizar la metodología del trabajo. Sin embargo es necesario capacitar a los personales de apoyo del ejido donde se desarrollará el proyecto.

3.3 ENSAYO DE APORTACIÓN DE CARBONO A PARTIR DE LA VEGETACIÓN ASOCIADA

El objetivo de este componente es conocer la aportación de cantidad de carbono a partir de la vegetación de asociada en el SMIC de Calakmul, Campeche, utilizando los formatos de campo, para caracterizar especies encontradas y su frecuencia en las parcelas establecidas por conglomerado.

3.4 ÁREA DE ESTUDIO PARA LOS ENSAYOS DE VEGETACIÓN ASOCIADA

El estudio se realizará en el Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono establecido en el ejido Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche. En este SMIC se establecieron anteriormente 32 conglomerados dentro de un área de 4x4 km con base en un diseño de cuadrícula con distancias entre conglomerados de aproximadamente 250 m. Para ello, se establecieron 20 conglomerados de

más, ubicados al azar en toda la superficie. Sin embargo, algunos de los nuevos CGL sustituirán a otros de los ya establecidos anteriormente.

Para coleccionar VA y establecer las parcelas y medir este componente, se establecieron 192 parcelas de 1m² en 32 conglomerados de forma circular, las cuales se distribuyeron en 6 parcelas por conglomerado.

3.5 DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS

El diseño de los conglomerados es de forma circular, en las cuales hay 4 parcelas de la misma forma, en las cuales se toman datos dendrométricos (altura, diámetro, densidad de copa, etc.). Dentro de este CGL se establecieron las sub-parcelas circulares para ensayos de vegetación asociada, las cuales fueron distribuidas 6 parcelas de 1m² por CGL, teniendo un orden uniforme, en sentido de las manecillas del reloj figura 3.1.

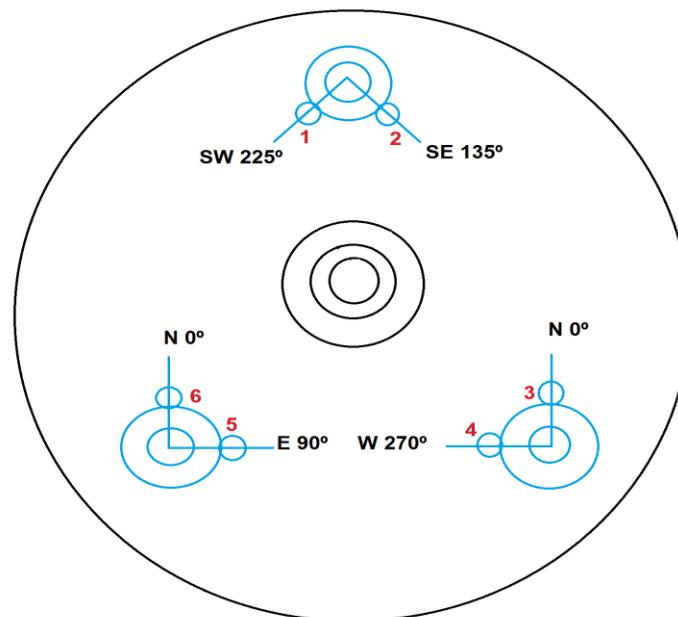


Figura 3.1. Distribución de sub-parcelas para ensayo de vegetación asociadas, las parcelas se muestran con numeración de color rojo.

3.6 CRITERIOS PARA LA TOMA DE DATOS EN CAMPO

Se ubica el sitio, la vegetación asociada que se va coleccionar deben de ser menores de 2.5 cm de DAP del tallo principal, de ser así se coleccionan todos los

individuos existentes, los individuos colectados son separados y empacados por especies en cada bolsa, colocando en ellas una placa para saber su forma de vida (árbol, liana, palma, arbusto, hierba, bejuco, pasto, etc.).

En los casos para las lianas, conocemos que son individuos que se van desde el piso hasta por encima de las copas de los árboles, para ello a la hora de colectar una liana, solo se toma la muestra desde el piso, hasta 2 o 3 metros de altura. También se toman las coordenadas en WGS84 y NAD27 desde el centro de la sub-parcela.

3.7 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE VEGETACIÓN ASOCIADA EN CAMPO

Para comenzar el levantamiento de información de VA, antes de ir a campo todo debe de estar organizado, y tener el conocimiento del llenado de los formatos, uso de materiales y equipos como:

- Brújula
- GPS
- Materiales de papelería
- Formato de campo
- Bolsas de plástico
- Tijeras para podar
- Polducto circular de 1m2

En campo son los lugares donde desempeñamos el conocimiento teórico. Lo primero por hacer es localizar el rumbo hacia donde nos vamos a dirigir para ubicar el primer sitio.

Teniendo ya ubicado el primer sitio la cual está ubicada hacia el SW a 225°, en la parte final de la baliza se coloca el polducto circular, seguidamente se observan los individuos que quedan dentro y fuera de círculo, posteriormente se comienza a colectar.

Es recomendable que se colecte de forma ordenada, especies por especies, para que no exista una confusión. Así como se van colectando, así mismo se van contabilizando y anotando en el formato de campo los datos con nombre común y posiblemente el nombre científico si se conoce (figura 3.2).

Existen especies leñosas que ya cuentan con hasta 2 cm de DAP, y para ello se tienen que cortar con un machete en pequeñas partes, al igual que las lianas, ya que tienen más tallo que follaje. Después que se colecta todos los individuos, se toman las coordenadas en WGS84 y NAD27 en unidades geográficas y UTM. Esta información es para cada sub-parcelas de ensayos de VA de cada CGL.



Figura 3.2. Colecta de muestras de VA en las parcelas de ensayos.

3.8 PESADO Y PRE-SECADO DE MUESTRAS DESPUÉS DE LAS COLECTAS

Al término del día en el trabajo de campo, al fin se obtienen las colectas de 6 sub-parcelas. Para el pesado de las muestras es necesario cambiar de bolsas de plástico a bolsas de papel, anotarle la misma placa y después pesarlas y posteriormente hacer un pre-secado.

¿Para qué aplicar un pre-secado a las muestras?, Las plántulas tienen una reacción que después de un proceso de ser cortadas del suelo, entran a una fase de transpiración y empiezan a liberar una especie de sudor la cual humedecen las bolsas de papel, y debido a esto producen hongos que pudren y van descomponiendo las muestras. Esto es un problema que altera las muestras y por lo consiguiente a los resultados que se desean tener. Para ello se aplica el pre-secado, por lo general se deja en la secadora durante un día.

3.9 MANEJO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

En el laboratorio se lleva el control de número de muestras, peso seco y húmedo, y especies. Aquí se lleva otro proceso, la del secado, se meten al horno y se dejan secar hasta que completamente se extraiga la humedad de la muestras y de después se pesa.

Se necesita quitar el peso de la bolsa para solo dejar el peso de la muestra, del peso seco se elimina directamente el peso de la bolsa.

ANEXO

Formato de información general para vegetación asociada

Registro de datos VA (<2.5 cm) en parcelas circulares área de 1 m²

SMI: Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche.; CGL: ____ (1-32); Sitio: ____ (1-3); Parcela: ____ (1-6)

Fecha: _____; Formato N°: _____ (ID continuo); Capturista:

WGS84 Coordenadas UTM: X) _____ Y) _____ Altitud: _____
Ambiente: _____

GEO: X) _____ Y) _____

NAD27 Coordenadas UTM: X) _____ Y) _____

GEO: X) _____ Y) _____

Forma de vida	Individuos	Peso fresco (Kg)	Peso seco (Kg)	Id_ etiqueta del paquete CGL#P1a,p,l,h**

*1=árbol, 2=palma, 3=liana, 4=hierba, 5=arbusto, 6=bejuco, 7=pasto, 8=helecho, 9=orquídea

**CGL=Conglomerado; #número de conglomerado en el que se hizo la cosecha; P1=parcela 1, de 1m² (ver figura 1) a=árbol, p=palma, l=liana, h=hierba, ab=arbusto, b=bejuco, pa=pasto, he=helecho, o=orquídea.

Secado a 60 °C por hasta humedad constante (24 horas aproximadamente).

CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE CAÍDA DE HOJAS EN EL SMIC CALAKMUL, CAMPECHE

4.1 INTRODUCCIÓN

La caída de hojas es un proceso inherente a la vegetación arbórea en los trópicos, expresando una estrategia adaptativa frente a la estacionalidad de las lluvias en estas regiones. El proceso de caída de hojas es marcadamente acusado en las zonas deficitarias de humedad o secas, como es el caso de la Península de Yucatán. Posterior a la caída de hojas se da la descomposición, que es un proceso mediado por los organismos del suelo y afectado por la humedad y la temperatura del ambiente edáfico. Mediante este proceso ecológico se da el reciclaje de nutrimentos en el sub sistema suelo y por lo tanto influye en la productividad del ecosistema natural o manejado (Bautista y Delgado, 2006). La materia muerta sobre el suelo juega un papel importante en los bosques, es un reservorio de carbono con un largo tiempo de rotación (Harmon et al. 1995).

Los factores que controlan la descomposición de la madera muerta son la humedad, la calidad de la madera, (densidad y química), tamaño (diámetro y largo) y su posición o contacto con el suelo Hoover (2008). En el trópico, la descomposición es más rápida que en otras regiones, como resultado, se tiene un rápido reciclaje de nutrimentos y una pobre acumulación de la materia orgánica, en dependencia del tipo de organismos que habiten el suelo (Lavelle et al, 1993). Hoover (2008) sugiere un experimento de serie de tiempos de descomposición para cuantificar las tasas de liberación de carbono durante la descomposición.

Para los objetivos del proyecto, los ensayos de descomposición de la fracción foliar y de ramas proporciona información importante para el modelo de presupuesto de carbono del sector forestal Canadiense (CBM-CFS3 por sus siglas en inglés) para simular la dinámica de la materia orgánica muerta.

Para observar la tasa de descomposición de las hojas y ramas se tomarán las hojas caídas en un periodo inicial del año (diciembre a febrero) y colectadas de trampas establecidas para tal fin en 16 conglomerados del Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono. Las hojas se identificarán por grupos funcionales (ej leguminosas y otras especies ricas en Nitrógeno, resinosas y otras especies ricas en aceites esenciales) por cada conglomerado. Cada uno de los conglomerados tendrá cinco trampas de las cuales se tomarán hojas que secadas al horno totalicen 60 g de masa. Con esta masa se tendrán cuatro

repeticiones o bolsas de descomposición cada una con 15 g de masa de hojas secas en su interior.

La vegetación de Dos Lagunas Norte, en Calakmul, Campeche es predominantemente de tipo selva mediana subperennifolia, compuesta por árboles de hoja ancha o latifoliados, cuyo follaje cae hasta en un 50% durante la temporada de sequía (Miranda, 1964). Los meses de febrero a abril registran los mayores volúmenes de caída de hojas.

4.2 OBJETIVO:

- Cuantificar el flujo de carbono a asociado a la descomposición de hojas en la selva mediana subperennifolia dentro del SMIC establecido en Dos Laguna Norte, Calakmul, Campeche a través de un año de monitoreo.

4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono establecido en el ejido Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche; el sitio se caracteriza por la presencia de lomeríos que alcanzan alturas menores a los 300 m. El material parental es la caliza y predominan dos órdenes de suelo: leptosoles y gleysoles, con las rendzinas como otro grupo presente.

En el área se establecieron 32 conglomerados dentro de un cuadrado de 4x4 km con base en un diseño de cuadrícula con distancias entre conglomerados de aproximadamente 250 m. Para recolectar las hojas caídas se eligieron 16 conglomerados, tomando aquellos de numeración impar dentro del universo, considerando este arreglo como apropiado para una mejor inferencia de la dinámica de caída de hojas en el paisaje. El resumen de características principales de los conglomerados seleccionados se detalla en la cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Características de los conglomerados donde se implementaron los ensayos de caída de hojas.

CN	Rango de edad	Edad aproximada (años)	Condición del terreno
1	>100	>100 (Quemadal SMQ 8)	Lomerío
3	15-<25	20(Acahual 20 s/manejo)	Plano
5	<1	Milpa (7 años o ciclos)	Plano
7	3-<10	7 (Acahual 7 años)	Ladera
9	15-<25	16(Acahual 16 años)	Plano/Lomerío
11	>100	>100(SMQ alterad. pobla)	Plano
13	>100	>100(SMQ)	Plano
15	>100	>100(SMQ bajo inundable)	Bajo (Plano)
17	8-10	10(Acahual 10 s/manejo)	Plano
19	8-10	10(Acahual 10 años)	Plano
21	>25	>25(Acahual 25 c/manejo)	Lomerío
23	15-<25	20(Acahual 20 c/manejo)	Lomerío
25	>100	>100(SMQ aprovechada 8)	Lomerío
27	≥25	>25(Acahual 25 s./manejo)	Lomerío
29	>100	>100(Quemadal SMQ 7)	Ladera
31	>100	>100(SMQ bajo inundable)	Bajo (Plano)

La distribución de los ensayos en función de los conglomerados seleccionados en el paisaje puede observarse en la figura 4.1.

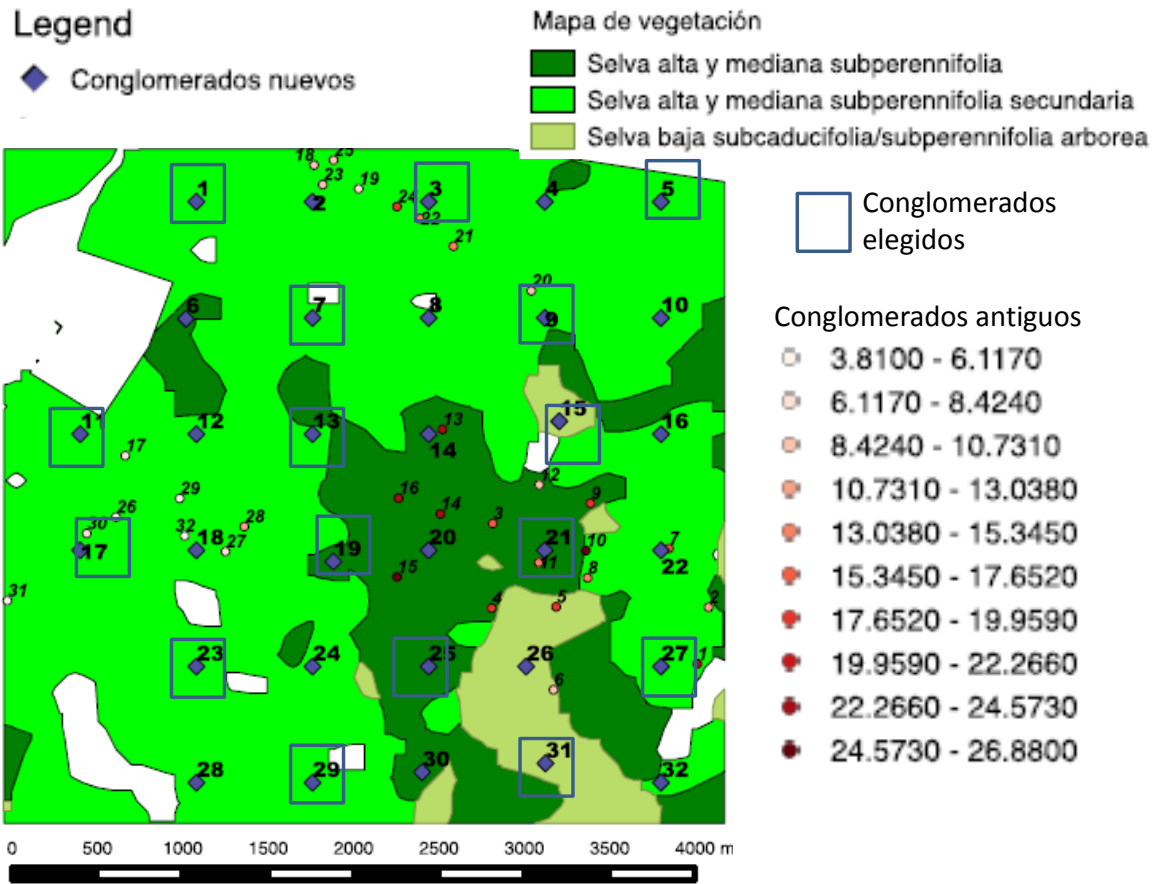


Figura 4.1. Distribución de los 16 conglomerados para estudio de flujo de carbono (hojas caídas).

4.4 DISEÑO DE MUESTREO PARA ESTIMACIÓN DE BIOMASA DE HOJA CAIDA

A finales del mes de febrero, se tomaron mensualmente las hojas recolectadas en cada una de las 10 trampas circulares de 1 m de diámetro (0.78m²) establecidas en los 16 conglomerados seleccionados. Cuatro trampas están ubicadas respectivamente en los ejes cardinales de la parcela central del conglomerado, adyacentes a la estaca que marca los 11.28 m a partir del centro del mismo. Otras dos trampas están en el sitio 2, ubicadas de la misma manera que las del centro pero siguiendo la posición de los puntos donde se colectó vegetación asociada (<2.5 cm DAP) pero al lado interno de la estaca que marca los 11.28m desde el centro. Igual procedimiento se siguió en los sitios 3 y 4, en los que se establecieron dos trampas respectivamente (Figura 4.2).

Cada conjunto de hojas colectado desde cada trampa particular, se depositó en bolsas de papel y se etiquetó #Cgl-#trampa-Fecha. Se registró el peso de la muestra con la humedad en campo, misma que se anotó en el formato correspondiente así como en la bolsa portadora. Las trampas tienen una etiqueta de aluminio en la que se establece el conglomerado y el número de trampa, para facilitar el registro de las hojas colectadas y su trazabilidad.

ETIQUETADO: las bolsas conteniendo hojas caídas procedentes del campo se secan hasta que el peso seco sea constante. La etiqueta de la bolsa y el formato son dos instrumentos de registro de la procedencia de las muestras de hojas hasta su arribo al laboratorio. En el laboratorio se hizo registro de los datos de pesos secos, esto se hace para cada una de las colectas.

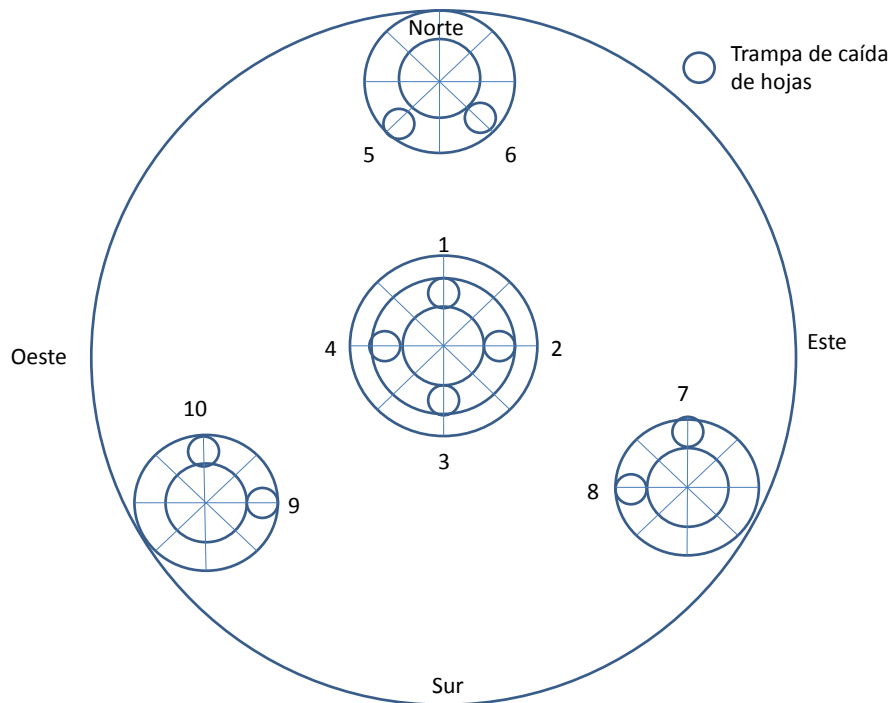


Figura 4.2. Distribución de las trampas para recolecta de hojas caídas en un conglomerado del SMIC en Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche.

4.5 PROCESAMIENTO EN LABORATORIO

Para asegurar la llegada de las muestras colectadas en buen estado al laboratorio, se realizó un presecado en la comunidad. Este presecado se realizó colocando las hojas colectadas de cada trampa a secarse al sol sobre una lona en el piso, las muestras estuvieron en constante observación para evitar la mezcla entre hojas de diferentes muestras. En el caso de las muestras

colectadas durante época de lluvias, el presecado tuvo que realizarse al interior de una casa que nos fue facilitada en la comunidad.

Al llegar al laboratorio las muestras eran cambiadas a bolsas de papel nuevas separando los componentes de las muestras, hojas, frutos, ramillas, flores, etc. Las muestras se secaron usando una secadora artesanal a una temperatura de 40°C, hasta que alcanzaron un peso constante. Una vez secas las muestras se pesaron por componente y se almacenaron cuidando mantener el etiquetado correcto.

4.6 PROBLEMÁTICAS EN EL SITIO

En principio, tanto para montar el experimento como para coleccionar las muestras, nuestro problema fue y es el acceso a los sitios. Las brechas son prácticamente intransitables en la época de lluvias y las selvas inundables hacen que en algunos puntos sea muy complejo el acceso.

Una vez instalado el experimento, el principal problema que enfrentamos en campo, y el más frecuente es la ruptura de las trampas por caídas de ramas, animales, y por las condiciones meteorológicas.

Otro problema que enfrentamos es el procesamiento de muestras en laboratorio, pues no se contempló el trabajo que implicaría pesar, separar, secar las muestras para entregar los resultados correspondientes. Esto ha implicado atraso en el procesamiento por no contar con personal suficiente dedicado a esta actividad.

Anexo 1. Formato de registro de datos en campo para hoja caída en trampas circulares establecidas en el SMIC de Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche.

Fecha: _____ Conglomerado: _____ Sitio:

_____ Trampa: _____

Coordenada de trampa:

Datum WGS84: a) Sistema UTM: X _____

Y _____

b) Sistema geográfico: Lat. _____

Long. _____

Datum NAD27 Mex a) Sistema UTM: X _____
Y _____

b) Sistema geográfico: Lat. _____
Long. _____

Trampa	Peso hoja campo	Peso hoja seca	Biomasa	Composición de Especies (Proporción en peso %)
1				
2				
3				

CAPÍTULO 5. PROTOCOLO PARA ENSAYOS DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS EN EL SMIC DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE

5.1 INTRODUCCIÓN

La descomposición de las hojas caídas así como de otros componentes de la biomasa aérea de los ecosistemas forestales es un proceso ecológico mediado por los organismos desintegradores e influido por la disponibilidad de agua (humedad) y la temperatura en el hábitat donde actúan estos organismos, en particular en el subsistema suelo (Mason, 1970, Swift, 1977, Krell et al. 2005, Bautista y Delgado, 2005). La hoja caída al suelo juega un papel importante en los bosques y la red trófica asociada, constituyendo además un componente mayor en el flujo de carbono desde la biomasa aérea hacia el suelo (Celentano et al. 2011). Es una fuente de nutrientes y energía para micro y macro organismos del suelo (Harmon et al. 1995, Hermann y Prescott 2008).

Los factores que controlan la descomposición de la hojarasca son la humedad, la composición química de la hoja y sus contenidos nutrientes, la relación C:N y su posición o contacto con el suelo, así como la comunidad de organismos descomponedores asociados (Lavelle et al, 1993, Hoover 2008). La tasa de descomposición de la hoja caída al suelo variará según la localización geográfica del sistema forestal que se estudie (Couteaux et al. 1995). En el trópico, la descomposición de la hoja y otros materiales orgánicos en el suelo se presenta de manera más rápida que en otras regiones y como resultado, se tiene un rápido reciclaje de nutrientes y una pobre acumulación de la materia orgánica. La hoja es uno de los componentes que se descompone más rápido, en comparación con ramas u otras partes leñosas (Swift, 1977).

La vegetación de la Dos Lagunas Norte corresponde a la de selva mediana subperennifolia, donde una parte de los árboles dejan caer sus hojas durante la temporada de sequía, pero hay mayoritariamente componentes siempre verdes y otros que sólo se defolian por un periodo corto, a veces de unas cuantas semanas (Miranda, 1964). Las especies de la familia Sapotacea y otras que tienen follaje persistente dan un aspecto verde permanente a este tipo de ecosistemas. La descomposición de la hojarasca permanece aún poco conocida en este tipo de ambientes tropicales, por lo que se deben implementar estudios que den información sobre este componente, en particular debido a la relevancia del mismo como parte de los reservorios y flujos de CO₂ en esta región.

Los ensayos de descomposición de la fracción foliar proporcionaran información importante para el modelo de presupuesto de carbono del sector forestal Canadiense (CBM-CFS3 por sus sigla en inglés) para simular la dinámica de la materia orgánica muerta. Para observar la tasa de descomposición de las hojas se tomarán las que se acumulen en las 10 trampas que para tal fin se establezcan en 16 conglomerados del SMIC de Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche. En cada conglomerado se establecerán bolsas de descomposición en un arreglo que permita distinguir los efectos de la variación debida a los cambios en la composición de especies entre micrositios (representados por la recolección de hojas por cada trampa), así como la del conglomerado completo en relación a los demás, agrupándolos según la afinidad a una condición particular (selva conservada, selva quemada, selva secundaria madura, intermedia o joven, milpa).

5.2 OBJETIVOS:

- Cuantificar el flujo de CO₂ asociado a la descomposición de hojas en la selva mediana subperennifolia del SMIC en dos Lagunas Norte, Reserva de Biosfera de Calakmul, Campeche.
- Determinar cómo se comporta el flujo de CO₂ de la descomposición de hojas en el paisaje.

5.3 MATERIALES Y MÉTODOS

5.3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el ejido de Dos Lagunas Norte, en el área de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera de Calakmul, Campeche. El ejido de poco más de 5000 ha se caracteriza por la presencia de lomeríos que alcanzan una altura máxima menor que 300m. El material parental es calizo, y de este se originan dos tipos principales de suelos: leptosoles y gleysoles, con algunas áreas de rendzinas. Se presentan diferentes tipos de selvas medianas subperennifolias: la selva en terrenos no inundables y la que se está en los terrenos o bajos inundables (Palacio-Aponte et al. 2002, Tun-Dzul et al. 2008). Además, mayoritariamente para el primer caso, se presentan diversos estados sucesionales, producto del sistema de milpa practicado aquí por miles de años (Schmidt, 1980).

En el área se establecieron 32 conglomerados dentro de un cuadrado de 4x4km con base en un diseño de cuadrículas con distancias entre centros de los conglomerados de 250m. Para realizar el ensayo de descomposición de

hojas, se eligieron 16 conglomerados con numeración impar, de entre el total de establecidos en el SMIC. Este arreglo permite mantener la independencia de los errores de muestreo, la aleatorización de los conglomerados y de la información tomada en campo y aproxima de manera más realista al paisaje en que se inscribe el SMIC. En el cuadro 5.1 se presentan de manera sucinta algunas características de estos conglomerados y la georreferencia de su centro.

Cuadro 5.1. Características de los conglomerados donde se implementaron los ensayos de caída de hojas.

CN	Rango de edad	Edad aproximada (años)	Condición del terreno
1	>100	>100 (Quemadal SMQ 8)	Lomerío
3	15-<25	20(Acahual 20 s/manejo)	Plano
5	<1	Milpa (7 años o ciclos)	Plano
7	3-<10	7 (Acahual 7 años)	Ladera
9	15-<25	16(Acahual 16 años)	Plano/Lomerío
11	>100	>100(SMQ alterad. pobla)	Plano
13	>100	>100(SMQ)	Plano
15	>100	>100(SMQ bajo inundable)	Bajo (Plano)
17	8-10	10(Acahual 10 s/manejo)	Plano
19	8-10	10(Acahual 10 años)	Plano
21	>25	>25(Acahual 25 c/manejo)	Lomerío
23	15-<25	20(Acahual 20 c/manejo)	Lomerío
25	>100	>100(SMQ aprovechada 8)	Lomerío
27	≥25	>25(Acahual 25 s./manejo)	Lomerío
29	>100	>100(Quemadal SMQ 7)	Ladera
31	>100	>100(SMQ bajo inundable)	Bajo (Plano)

Los experimentos se establecieron durante la estación seca del año 2014. La distribución de los experimentos y sus conglomerados receptores se presenta en la Figura 5.1

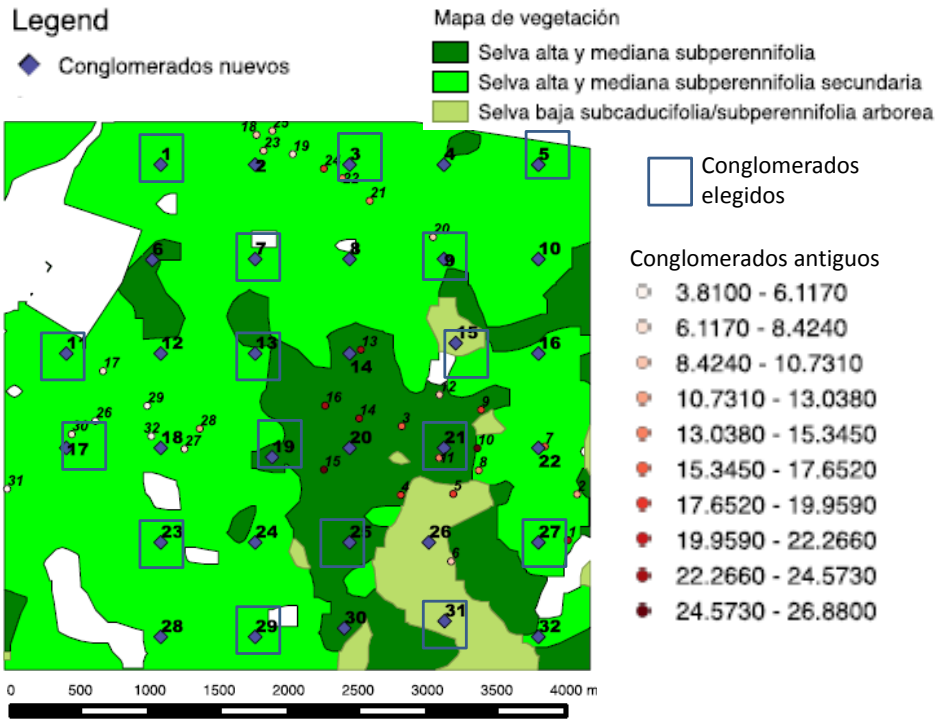


Figura 5.1. Distribución de los conglomerados para estudio de descomposición de hojarasca en el SMIC en Dos Lagunas Norte, Calakmul, Campeche.

5.4 DISEÑO DE MUESTREO PARA DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS

De las diez trampas que representan cada conglomerado y sus micrositos, en al menos cuatro se recolectaron hojas acumuladas entre el 22 de diciembre de 2013 y 22 de marzo de 2014. De éstas hojas se obtuvieron 120 gramos de biomasa seca hasta peso constante, que se subdividió depositando 10g de hojas en cada una de las doce bolsas de descomposición de 20x20cm, con malla de Nylon (2x2mm de apertura) en la parte inferior y tela de Tul gruesos (apertura 3x3mm) en la superior. Estas bolsas se elaboraron así para favorecer la entrada de organismos de macrofauna por la parte superior y minimizar la pérdida de material por la cara en contacto con la superficie del suelo. Con este esquema se tendrán por conglomerado, al menos cuatro lotes de doce bolsas cada uno. Cada uno de los lotes se ubicó en la proximidad de la trampa de donde procede el material que lo integra. Se depositaron las bolsas sobre la hojarasca presente en cada lote. Esto para evitar lo mejor posible la contaminación con tierra de las muestras. En la Cuadro 5.2 se detalla el esquema del ensayo que se establecieron en el sitio.

Cuadro 5.2. Resumen del diseño establecido para estudiar la descomposición de hojas en el SMIC Calakmul.

#Cgl	Sitio	Trampa	Bolsa	Fecha	Condición
1	1	1	1	22/04/14	Achual Joven
1	1	1	2	22/04/14	Achual Joven
1	1	1	3	22/04/14	Achual Joven
1	1	1	4	22/04/14	Achual Joven
1	...	1	...	22/04/14	Achual Joven
1	1	1	12	22/04/14	Achual Joven
1	2	5	1	22/04/14	Achual Maduro
1	2	5	2	22/04/14	Achual Maduro
1	2	5	3	22/04/14	Achual Maduro
1	2	5	...	22/04/14	Achual Maduro
1	2	5	12	22/04/14	Achual Maduro
1	3	8	1	22/04/14	Selva conservada
1	3	8	2	22/04/14	Selva conservada
1	3	8	...	22/04/14	Selva conservada
1	3	8	12	22/04/14	Selva conservada
1	4	10	1	22/04/14	Selva conservada
1	4	10	2	22/04/14	Selva conservada
1	4	10	...	22/04/14	Selva conservada
1	4	10	12	22/04/14	Selva conservada
...
31	1-4	1-10	1-12	23/04/14	Milpa...
...

5.5 ETIQUETADO

Cada bolsa, previamente registrando sus pesos sin y con hojas (Anexo 1), fue posteriormente etiquetada con una lámina de aluminio que portó como código #Conglomerado-#Sitio-#Trampa-#Bolsa. En total se espera tener considerando 12 bolsas de descomposición procedentes de trampas de caída, un total de entre 48 bolsas (si solo tuviésemos el mínimo de cuatro trampas) a 120 bolsas (si se tienen para las 10 trampas) por cada conglomerado (16 seleccionados). En peso esto equivaldría a tener entre 480 g y 1200 g de hojas secas para el ensayo. Las cantidades podrían incrementarse, siempre y cuando se determine que hay suficientes hojas depositadas en las trampas como para llenar con 10 a 15 g de hojas cada bolsa. La figura 5.2 muestra el esquema

básico del conglomerado y distribución de los cuatro lotes de bolsas de descomposición de hojarasca que como mínimo se establecerán en su interior.

Las hojas colectadas en las trampas fueron pre-secadas en campo, poniéndolas a secar al sol sobre una lona, teniendo cuidado de no permitir que las muestras se mezclaran. Para ser trasladadas a laboratorio las muestras pre-secadas fueron puestas en bolsas de papel etiquetadas con los datos mencionados con anterioridad. Antes de meter las hojas en las bolsas se limpiaron con ayuda de toallas de papel, se separaron y se pusieron a secar hasta tener un peso constante.

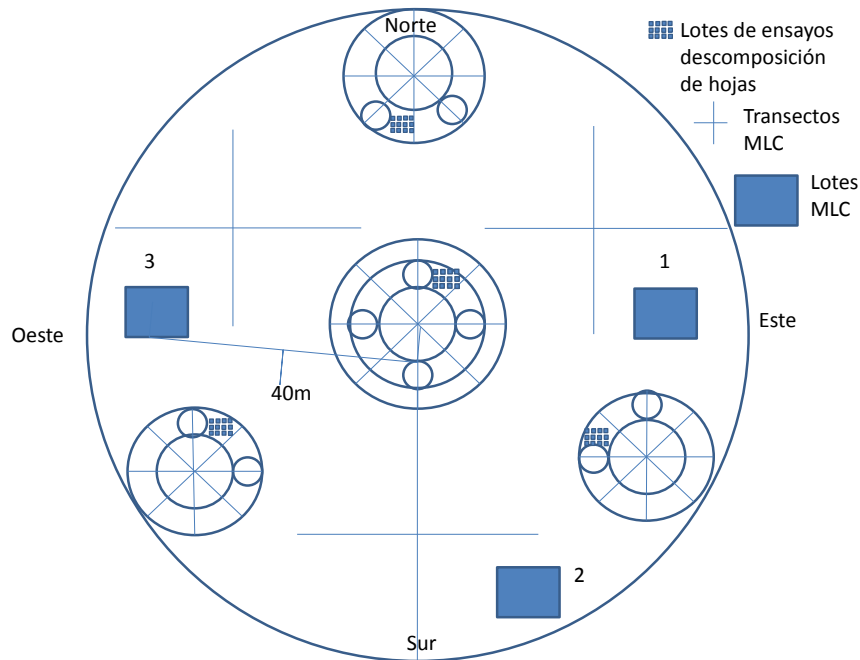


Figura 5.2. Distribución de las bolsas de descomposición de hojas dentro de los conglomerados del SMIC en Dos Laguna Norte, Calakmul, Campeche.

5.6 COLECTA DE DATOS EN LOS ENSAYOS DE PÉRDIDA DE BIOMASA EN BOLSAS DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJAS

La recolecta se realiza mensualmente, de cada lote se levanta una bolsa al azar cada mes. El material contaminante (tierra, etc.) se elimina de la superficie de la bolsa in situ, mientras en laboratorio se elimina la tierra por sumergir la bolsa y con leves sacudidas se desprende la tierra adherida. La bolsa se seca hasta peso constante. Luego se pesa con todo su contenido, se registra el dato. Inmediatamente se extraen las hojas y se pesan (biomasa de hojas). La diferencia en peso constituye el peso de la bolsa (Anexo 5.1).

5.7 ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE MASA

Además del peso seco, con la información de laboratorio, se estima la pérdida de masa con el modelo mencionado por Yoon et al. (2011) para material leñoso caído que por lo simple de su planteamiento matemático, asumimos puede ser empleado para la hoja en descomposición:

$$K = -\ln(X_t / X_0) / t$$

Donde,

K: es la tasa de pérdida o de pérdida de masa en un tiempo t medido a escala de un año

Xt : es el peso seco de hojas después de un tiempo (g),

Xo : es el peso seco inicial de hojas (g)

t: tiempo medido a escala de un año

Se obtendrán los estadísticos descriptivos de la tasa de pérdida de masa por clase de diámetro evaluada y por conglomerado.

5.8 PROBLEMÁTICAS EN EL SITIO

Nuestro principal problema ha sido el acceso a los sitios. Las brechas se encuentran en pésimas condiciones, son prácticamente intransitables en la época de lluvias y las selvas inundables hacen en algunos puntos sea prácticamente inaccesibles. Tanto para el montaje del experimento como para la colecta de las muestras este ha dificultado y atrasado en ocasiones el trabajo en campo.

Una vez instalado el experimento, el principal problema que enfrentamos en campo, y el más frecuente es la pérdida de muestras por arrastre de algunas corrientes que se formaron en época de lluvias, por animales, y por personas curiosas que las levantan y las dejan en otras partes o se las llevan.

Por otro lado, el procesamiento en laboratorio ha sido muy complejo. No se anticipó el trabajo que implicaría secar, pesar y separar todas las muestras y esto se traduce en un retraso en la entrega de resultados, pues no se cuenta con personal dedicado únicamente a esta labor. En nuestro caso hemos dependido de estudiantes que apoyan como servicios sociales, prácticas profesionales, etc., y de una técnico contratada por otro colega para apoyo en el laboratorio.

ANEXO 5.1 . FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO PARA DESCOMPOSICIÓN DE HOJA CAÍDA EN EL SMIC DE DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.

Fecha: _____ Conglomerado: _____ Sitio: _____ Trampa/Lote:

Arbolado que cubre trampa circular de procedencia:

Coordenadas del centro del lote:

Datum WGS84:

a) Sistema UTM: X _____ Y _____

b) Sistema geográfico: Lat. _____
Long. _____

Datum NAD27 Mex

a) Sistema UTM: X _____
Y _____

b) Sistema geográfico: Lat. _____
Long. _____

Brigadista: _____ Capturista: _____

Registro de hoja en descomposición	Peso inicial de hojas	Peso inicial bolsa	Peso inicial total
1 (#cgl-#sitio-#trampa/lote-#bolsa- Fecha)			
2			
3			
4			
5			

ANEXO 5.2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS EN LABORATORIO PARA DESCOMPOSICIÓN DE HOJA CAÍDA EN EL SMIC DE DOS LAGUNAS NORTE, CALAKMUL, CAMPECHE.

Fecha: _____ Conglomerado: _____ Sitio: _____

Trampa/Lote: _____

Laboratorista: _____

Capturista: _____

Registro de hoja en descomposición	Peso inicial bolsa completa (g)*	Peso seco hojas (g)	Peso seco bolsa vacía (g)
1 (#cgl-#sitio-#trampa/lote- #bolsa-Fecha)			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

* La bolsa ha sido sumergida en agua limpia para eliminar contaminantes, luego se ha escurrido y secada al horno.

REFERENCIAS

- Arreola Muñoz A., Villalobos Sánchez G., Villafuerte Zea L., Cervantes Trejo E., Tipa López J., Burgos Lugo D., Sánchez Castillo J., Hernández Zárata L., Sánchez Garay C. y Caamal Sosa L. 2008. Ordenamiento Territorial del municipio de Calakmul, Campeche. Proyecto Prosureste GTZ/Conanp. 380 pp.
- Bautista, F. y C. Delgado, 2005. Descomposición de hojarasca y abundancia de macro invertebrados por el uso de mantillos y cultivos de cobertera, p. 269-281. En: F. Bautista y G. Palacio (Eds.) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282 p. Díaz-Gallegos, O. Castillo-Acosta, G. García-Gil. 2002. Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Universidad y Ciencia* 18(35):11-28.
- Cairns M.A., Olmsted I., Granados J. y Arguez J. 2003. Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management*, 186:125-132.
- Chave J., Andalo C., Brown S., Cairns M.A., Chambers J.Q., Eamus D., Fölster H., Fromard F., Higuchi N. & Kira T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forest. *Oecología* 145:87-99.
- Celentano, D., R. A. Zahawi, B. Finegan, R. Ostertag, R. J. Cole, and K. D. Holl. 2011. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. *BIOTROPICA* 43(3): 279-287
- Couteaux, M. M, P. Bottner and B. Berg. 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 63-66.
- Ericson J., M.S. Freudenberger, E. Boege 1999. Population dynamics, migration, and the future of the Calakmul Biosphere Reserve. *Occasional Paper of the American Association for the Advancement of Science* No. 1, 40 pp.
- Facelli, J. M. and S. T. A. Pickett. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review* 57: 1-32.

- Fearnside P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass en brazilian Amazonia. *For. Ecol. Manag.* 90:59-87.
- Galindo-Leal C. 1999. La gran región de Calakmul: Prioridades biológicas de conservación y propuesta de modificación de la Reserva de la Biosfera. Reporte Final a World Wildlife Fund – México, México D.F. 40 pp.
- García-Gil, G, Palacio-Prieto, JL, y Ortíz-Pérez, MA 2002, Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, México, *Investigaciones Geográficas*, Vol. 48, pp. 7-23.
- García-Gil G., and Pat J.M. 2000. Apropiación del espacio y colonización en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana del Caribe* 10:214-221.
- Harrinson P.D. 1990. The revolution in ancient maya subsistence. En: Clancy F.S. y Harrinson P.D. Eds. *Vision and Revision in Maya Studies*, University of New México Press, Albuquerque, Nuevo México, pp 99-124.
- Harmon, M.E., Whigham F., Sexton J., Olmsted I. 1995. Descomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forest of the Northeastern Yucatan Peninsula, Mexico in: *Biotropica* Volumen 27, N° 3 (Sep., 10995), 305-316.
- Hermann S., Prescott E.C. 2008. Mass loss and nutrient dynamics of coarse woody debris in three rocky mountain coniferous forest: 21 year results. In: *Canadian Journal forest research* 38: 125-132.
- Hoover, C. E. 2008. *Field measurements for forest carbon monitoring: A landscape scale*. Springer-NY, USA.
- Hughes, R., Kauffman, J. & Jaramillo, V. 1999. Biomass, carbon and nutrient dynamics of secondary forests in humid tropical region of Mexico. *Ecology*, Volumen 80, pp. 1892-1907.
- Krell, F.T.; Chung, A. Y.C.; DeBoise, E., Eggleton, P.; Giusti, A.; Inward, K. y Krell-Westerwalbesloh, S. 2005. Quantitative extraction of macro-invertebrates from temperate and tropical leaf litter and soil: efficiency and time-dependent taxonomic biases of the Winkler extraction. *Pedobiologia* 49: 175-186.
- Lawrence D., Vester H.F.M., Pérez-Salicrup D., Eastman J.R., Turner II B.L. and Geoghegan J. 2004. *Integrated Analysis of Ecosystem Interactions with*

Land-Use-Change: The Southern Yucatán Peninsular Region. Ecosystems
an Land Use Change-Geophysical Monograph Series 153: 277-292.

- Lavelle, P., E. Blanchart, A. Martin y S. Martin, 1993. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica* 25(2): 130-150.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71: 7-32.
- Martínez E., M. Sousa, C.H. Ramos-Álvarez 2001. Listados florísticos de México: XXII: Región de Calakmul, Campeche. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 55 pp.
- Martínez-Yrizar. A. y Sarukhán J. 1993. Cambios estacionales en el mantillo de un bosque tropical caducifolio y uno sub caducifolio en Chamela, Jalisco. *Acta botánica Mexicana*, abril, número 021. Instituto de ecología A.C. Patzcuáro, Michoacán. Páginas 1-6.
- Mason, C.F. 1970. Snail Populations, Beech Litter Production, and the Role of Snails in Litter Decomposition. *Oecologia (Berl.)* 5: 215—239.
- Matthews R.W. and Robertson K.A.(eds.) 2006. *Forest Mensuration: A Handbook for Practitioners*. Second Edition. Forestry Commission Edinburgh
- Miranda, F. 1964. Vegetación de la península yucateca. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. pp. 232-236.
- Nogueira E.M., Nelson B.W., Fearnside P.M. 2005. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *For. Ecol. Manag.* 208(1): 261-286.
- Olguín A.M., Maldonado M.V., López M. D. 2012. Towards the use of forest carbon budget modeling tools to support MRV systems for REDD+ in Mexico. Ponencia. 6th Regional Workshop on Forest Monitoring-GEO FCT ND San José, Costa Rica, August 20-23, 2012
- Ponce M.P. 1990. La Montaña Chiclera. Campeche: Vida Cotidiana y Trabajo (1900-1950). Cuadernos de la Casa Chata 172. Secretaria de Educación Pública, México, D.F.

Palacio-Aponte, A.G., R. Noriega-Trejo y P. Zamora-Crecencio. 2002. Caracterización físico-geográfica del paisaje conocido como “bajos inundables”. El caso del Área Natural Protegida de Balamkín, Campeche. *Investigaciones Geográficas* 49: 57-73.

Schmidt, P.J. 1980. La producción agrícola prehistórica de los mayas: El problema de la agricultura intensiva. P. 39-82. En: Seminario sobre producción agrícola en Yucatán. E. Hernández-X y R. Padilla y Ortega (eds.). Merida, Yucatán, México. 481 p.

Swift, M.J. 1977. The roles of fungi and animals in the immobilisation and release of nutrient elements from decomposing brach-wood. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 25: 193-202.

Sotomayor-Castellanos J.R. y Hernández-Maldonado S.A. 2012. Características elásticas de madera mexicanas. *Investigación e Ingeniería de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Volumen 8, núm. 2.* 78pp

Tun-Dzul, F.J.; H. Vester, R. Durán-García y B. Schmook. 2008. Estructura arbórea y variabilidad temporal del NDVI en los “bajos inundables” de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica* 25: 69-90.

Turner II B.L., Roy R., Cortina-Villar S., Geoghegan J., Keys E., Kepleis P., Lawrence D., Manson S., Vance C., Schneider L., and Savitsky B. 2001. Deforestation in the Southern Yucatán Peninsular Region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management* 5521:1-16.

Urquizar-Haas T., Dolman P.M., Peres C.A. 2007. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. *Forest Ecology and Management* 247: 80-90

Valdez-Hernández M., Andrade J.L., Jackson P.C., Rebolledo-Vieyra M. 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant Soil* 329:155-171

Vandekar K.L., Lawrence D., Richards D., Scheneider L., Rogan J., Schmook B., Wilbur H. 2011. High mortality for rare species following hurricane disturbance in the Southern Yucatan. *Biotropica* 43: 676-684

Vester H.F.M., Lawrence D., Eastman J.R., Turner B.L., Calmé S., Dickson R., Pozo C., and Sangermano F. 2007. Land change in the Southern Yucatán

and Calakmul Biosphere Reserve: Effects on habitat and Biodiversity.
Ecological Applications 17:989-995.

- Walker, SM, Pearson, TRH, Harris, N, MacDicken, K, and Brown, S. 2009.
Procedimientos Operativos Estándar para la Medición de Carbón
Terrestre. Winrock International
- Yoon, T.K., Chung H., Kim H.R., Noh J.N., Seo W.K., Lee K.S., Jo W. y Son Y.
Coarse woody debris mass dynamics in temperate natural forest of Mt.
jumbong, Korea. In: Journal of ecology and field biology 34(1):115-125,
2011.
- Zanne A.E., Lopez-Gonzalez G., Coomes D.A., Ilic J., Jansen S., Lewis S.L., Chave
J. 2009. Global Wood Density Database. Dryad Identifier:
<http://hdl.handle.net/1025/dryad.235>