


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central shield with a figure on horseback, surrounded by various heraldic symbols like a crown, a lion, and a castle. The Latin motto "ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACAD" is at the top, and "CETTERA MATHEMATICA COACTEMALENSIS INTER" is at the bottom.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO REALIZADO EN EL PROYECTO
“DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y
DINÁMICAS DE CARBONO EN PAISAJES MONTAÑOSOS EN
CENTROAMÉRICA”, SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA, C.A.**

CARLOS ESTUARDO CIFUENTES BONILLA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO REALIZADO EN EL PROYECTO
“DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y
DINÁMICAS DE CARBONO EN PAISAJES MONTAÑOSOS EN
CENTROAMÉRICA”, SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA, C.A.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

CARLOS ESTUARDO CIFUENTES BONILLA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. MSc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. En Electrónica Carlos Waldermar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, Octubre de 2018

Guatemala, octubre de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado: **Ejercicio profesional supervisado realizado en el proyecto “deslizamientos de tierra , cambio de uso de la tierra y dinámicas de carbono en paisajes montañosos en Centroamérica”**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, suscribo la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Carlos Estuardo Cifuentes Bonilla

No. de Carné 200718253

ACTO QUE DEDICO

AL CREADOR

Por brindarme la oportunidad de haber llegado hasta este punto, sin su guía y sus bendiciones este logro simplemente no hubiera podido ser.

A MI HERMANA

Porque este logro alcanzado representa años de esfuerzo, sacrificio y sobre todo paciencia, sin su apoyo esta carrera ni siquiera hubiera podido imaginarse.

A MI PAPÁ

Me hubiera gustado compartir este logro con vos, te seguimos extrañando.

A MI FAMILIA

Que de una u otra forma apoyaron, espero poder ser, aunque sea una pizca de ejemplo para los que vienen atrás e inspirarlos a alcanzar más y mejores logros.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala.

Mi pueblo Mazatenango.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía.

Mis asesores.

Mis amigos y conocidos que me apoyaron a que este documento se concluyera.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi Hermana:

Gracias a tu dedicación, entrega y sacrificio es que el día de hoy estoy parado en esta Facultad a punto de recibir mi título, sin tu ayuda este momento ni siquiera hubiera podido ser imaginado. Este logro no es solo mío, es de los dos, gracias!.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y al pueblo de Guatemala:

Máxima casa de estudios del país financiada por los impuestos del noble y trabajador pueblo de Guatemala, *Id y Enseñad a Todos*.

Facultad de Agronomía y cuerpo docente:

Por compartir sus conocimientos y ser un vehículo para la formación de criterio y consolidación de conocimientos científicos.

Escuela Nacional Central de Agricultura:

Alma mater del conocimiento agrícola y forestal de Guatemala, cuyos fundamentos técnicos y científicos fueron la base fundamental para alcanzar el presente logro académico.

Dra. Carla Restrepo y la Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras:

Muchas gracias Carla por la oportunidad de haber formado parte de su equipo y por haberme dejado ser su asesorado. Espero que los resultados hayan sido de su agrado y que podamos seguir colaborando en el futuro.

Mis asesores:

Al los Ingenieros Juan José Castillo Mont, Óscar Medinilla, César Linneo García, Jorge Mario Vargas y especialmente al Ing David Mendieta, cuyo apoyo y valiosos consejos, no solo a nivel científico, ayudaron en gran medida el desarrollo y culminación del EPS y del presente documento de graduación.

Mis Amigos:

A Alejo y Diego Villanueva, por su apoyo y ayuda incondicional, no solo para concluir el presente documento, sino por haber estado siempre cuando los necesité, su amistad fue de lo más valioso que me dejó mi paso por la Universidad.

A Andrea Navas, por haberme hostigado por durante más de un año para que concluyera el trabajo de graduación y por haberle hecho la revisión final, gracias por tu insistencia y apoyo.

A Sara Ignacio, por haberme apoyada de todas las formas posibles que alguien puede apoyar a alguien, sin tu ayuda probablemente no hubiera siquiera iniciado mi carrera universitaria, de todo corazón gracias.

A todos y cada uno de los compañeros de promoción, con quienes compartí gratos momentos, tanto en las aulas como en las giras de campo a lo largo de toda la carrera.

ÍNDICE GENERAL

Título	Página
1 DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA DE BIÓSFERA SIERRA DE LAS MINAS	1
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Marco referencial	5
1.4.1 Reserva de Biósfera Sierra de las Minas	5
1.5 Metodología	25
1.6 Resultados	27
1.6.1 Descripción biogeográfica de la aldea Morán	29
1.6.2 Características socioeconómicas	32
1.6.3 Descripción del bosque	34
1.7 Conclusiones y Recomendaciones	35
1.8 Bibliografía	37
2 DESARROLLO DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE PLANTAS LEÑOSAS COLONIZADORAS EN DESLAVES EN LA SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA.	40
2.1 Presentación	41
2.2 Marco Teórico	43
2.2.1 Marco Conceptual	43
2.2.2 El efecto invernadero	45
2.2.3 Los bosques y el ciclo del carbono	46
2.2.4 Bosques Primarios	47
2.2.5 Bosques secundarios	47
2.2.6 Biomasa vegetal	48
2.2.7 Medición de biomasa	49
2.2.8 Alometría	52
2.2.9 Estudios previos	52
2.2.10 Sucesión vegetal	55
2.2.11 Comunidad vegetal	56
2.2.12 Área mínima de muestreo	57
2.2.13 Densidad	58
2.2.14 Deslaves	59

2.3	Marco Referencial	60
2.3.1	Ubicación Geográfica.....	60
2.3.2	Sierra de Las Minas.....	61
2.3.3	Suelos	64
2.3.4	Zonas de vida	65
2.3.5	Ocurrencia de fenómenos naturales.....	67
2.3.6	Aspectos legales e institucionales.....	68
2.4	Objetivos	68
2.4.1	Objetivo General	68
2.4.2	Objetivos Específicos.....	69
2.5	Metodología	69
2.5.1	Sitios de muestreo.....	69
2.5.2	Premuestreo	70
2.5.3	Valor de importancia.....	72
2.5.4	Muestreo	72
2.5.5	Fase de laboratorio	76
2.5.6	Análisis estadístico	78
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
2.7	Área mínima de muestreo	78
2.7.1	Valor de importancia.....	80
2.7.2	Muestreos destructivos.....	81
2.7.3	Modelos alométricos multiespecie	84
2.7.4	Modelos alométricos específicos	86
2.7.5	Curvas de acumulación de especies	87
2.7.6	Alometría.....	88
2.7.7	Sucesión vegetal.....	93
2.8	Conclusiones.....	95
2.9	Recomendaciones.....	96
2.10	Bibliografía	97
2.11	Anexos.....	104
3	SERVICIOS PRESTADOS AL PROYECTO “DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y DINÁMICAS DE CARBONO EN PAISAJES MONTAÑOSOS EN CENTROAMÉRICA”,	113
3.1	Presentación.....	114
3.2	Objetivos	116
3.2.1	Objetivo General	116
3.2.2	Objetivos Específicos.....	116
3.3	Metodología	117
3.3.1	Apoyo al equipo de investigación	117
3.3.2	Fase de gabinete inicial	121

	Página
3.3.3 Fase de campo	123
3.3.4 Ampliación del área de muestreo	129
3.3.5 Determinación de muestras botánicas y traslado de muestras de suelo y hojarasca.....	131
3.4 Resultados.....	135
3.5 Conclusiones.....	136
3.6 Bibliografía	137
3.7 Anexos.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Mapa de ubicación departamental y municipal de la RBSM.	8
Figura 2. Mapa hidrológico y de cuencas de la RBSM.	9
Figura 3. Mapa zonas de vida según Holdridge de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.....	13
Figura 4. Mapa de área de riesgo y amenazas naturales y de origen antropogénicas en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas	15
Figura 5. Mapa de formaciones vegetales presentes en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.	20
Figura 6. Mapa de zonas de manejo de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.	22
Figura 7. Dique de deslizamiento de tierra en el Río La Lima.....	23
Figura 8. Deslizamiento de tierra cuenca de río Santiago.....	26
Figura 9. Deslizamiento de tierra cuenca de río Jones.	26
Figura 10. Deslizamiento de tierra inaccesible cuenca del río Jones.....	29
Figura 11. Mapa de ubicación de la aldea Morán.	31
Figura 12. Flujos y reservorios de carbono.....	44
Figura 13. Ubicación geográfica de las cuencas de estudio	60
Figura 14. Ubicación geológica del área de muestreo.	63
Figura 15. Ubicación de las parcelas de muestreo en función de la serie de suelos según Simmons.	64
Figura 16. Procedimiento realizar en la fase de campo para la toma de muestras.	75
Figura 17. Fotografía que muestra la clasificación, pesado y almacenaje de las submuestras para traslado a laboratorio.....	76

Figura 18. Fotografía de las muestras de biomasa en horno de convección a 60 °C.	77
Figura 19. Gráficas de acumulación de especies en deslaves para las cinco parcelas muestreadas.	79
Figura 20. Ubicación de los sitios de cosecha.	81
Figura 21. Relación alométrica entre diámetros (cm) y biomasa (kg).	90
Figura 22. Comparativa de la tendencia del modelo local y otros modelos predictivos de biomasa de bosques secundarios.	91
Figura 23. Fotografía de un deslave que muestra que la colonización dentro de los mismos no es homogénea y donde predominan especies de las familias Gleicheniaceae y Lycopodiaceae.	94
Figura 24A. Sistema de parcelas anidadas para determinar el área mínima relevé y la hipotética curva de especies-área.	104
Figura 25. Fotografía del área potencial de muestreo, caserío Samaritana, Panzós, Alta Verapaz.	119
Figura 26. Croquis de las parcelas temporales de muestreo de vegetación.	120
Figura 27. Llegada a la aldea Samaritana, previo a la reunión con la asamblea comunitaria para informar sobre el motivo de la visita.	121
Figura 28. Campamento establecido sobre el camino luego de no haber sido aceptados en la Aldea Peña Blanca.	123
Figura 29. Establecimiento y medición de una parcela temporal de medición de la vegetación.	124
Figura 30. Forma de identificación de las muestras botánicas colectadas.	125
Figura 31. Identificación y almacenaje de las muestras botánicas en el centro de operaciones, previo a su transporte a la FAUSAC.	126
Figura 32. Muestreador de suelo utilizado para el efecto.	127
Figura 33. Extracción de muestra de suelo utilizando el muestreador.	127
Figura 34. Colecta de muestra de hojarasca.	128
Figura 35. Deslave de tierra ocurrido durante el huracán Mitch.	129
Figura 36. Preparación de muestra botánicas para su traslado.	130
Figura 37. Muestras de suelo y hojarasca en proceso de clasificación y secado a la sombra.	130
Figura 38. Identificación y preparación de muestras de suelo y de hojarasca para su traslado a la UVG.	132
Figura 39. Ensamblaje del sistema de secado a base una calentadora eléctrica de aire forzado.	133

ÍNDICE DE CUADROS

Título	Página
Cuadro 1. Modelos alométricos predeterminados para cálculo de biomasa total aérea en otras regiones.	55
Cuadro 2. Distribución diamétrica de las obtenidas de cada individuo	74
Cuadro 3. Resumen de las especies que se utilizaron para generar modelos alométricos.....	80
Cuadro 4. Coordenadas geográficas de los sitios de cosecha por especie.....	82
Cuadro 5. Cantidad de biomasa y contenido de humedad de todos los individuos cosechados por cada especie.....	82
Cuadro 6. Contenido de humedad por cada sección y total por especie cosechada.....	83
Cuadro 7. Modelos alométricos multiespecie para cálculo de biomasa aérea total.	85
Cuadro 8. Modelos alométricos específicos para cálculo de biomasa aérea total.	87
Cuadro 9A. Modelos alométricos específicos.	105
Cuadro 10A. Resultados y detalles de las regresiones ejecutadas en R.....	108
Cuadro 11A. Cálculo del factor de inflación de la varianza (detección multicolinealidad) utilizando R.....	111
Cuadro 12A. Prueba de White para detectar heteroscedasticidad utilizando Gretl.	112
Cuadro 13A. Listado de especies botánicas determinadas a nivel de especie y morfoespecie.....	138

RESUMEN

El presente informe recopila todas las actividades llevadas a cabo durante el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA- realizado en el marco del proyecto titulado **“deslizamientos de tierra, cambio de uso de la tierra y dinámicas de carbono en paisajes montañosos en Centroamérica”** (Landsliding, land-use change, and carbon dynamics in a Central American mountainscape) donde la Dra. Carla Restrepo, profesora asociada de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, fungió como investigadora principal y cuyos fondos provinieron de The National Science Foundation.

Este documento se encuentra dividido en tres capítulos. El Capítulo I referencia a un diagnóstico general de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, en cual basado en material bibliográfico disponible y visitas de campo, pudo establecerse las condiciones existentes respecto a vegetación, infraestructura, vías de acceso, poblados y ocurrencia de deslizamientos de tierra producidos por el huracán Mitch en 1998, tema de interés del Proyecto. Toda la información recolectada sirvió para determinar que las áreas en la zona núcleo de la Reserva tienen las mejores condiciones para la medición de la vegetación y para encontrar deslizamientos de tierra poco perturbados que daten del huracán Mitch. Además, se determinó que el mejor sitio para realizar muestreos destructivos de vegetación sería la subcuenca del Río Santiago, ubicada en la cuenca del río Motagua, municipio de Río Hondo Zacapa.

El Capítulo II corresponde a la investigación, que consistió en el desarrollo de modelos alométricos para la determinación de biomasa de plantas leñosas colonizadoras en deslaves en la Sierra de las Minas, Guatemala. Para esto se hizo necesario llevar a cabo un muestreo de vegetación en deslizamientos de tierra con ocurrencia comprobada por el huracán Mitch en 1998. Basado en los datos de vegetación de cuatro deslizamientos de tierra y un guatal, se pudo identificar las nueve especies con mayor índice de valor de importancia, sobre las cuales se

realizó un muestreo destructivo para el desarrollo de los modelos. Posterior a una fase de campo y de laboratorio se generaron ocho modelos alométricos multiespecie y dos modelos específicos para cada una de las nueve especies estudiadas. Al final, se determinó que el modelo que mejor se ajustaba fue el que consideró el diámetro a la base y la altura total del individuo.

Finalmente, el Capítulo III y último corresponde a los servicios prestados al proyecto “Deslizamientos de Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Dinámicas de Carbono en Paisajes Montañosos en Centroamérica”, el cual incluyó apoyo al establecimiento y medición de parcelas temporales de vegetación; manipulación, conservación, traslado y determinación de muestras botánicas; y ampliar el tamaño de la muestra, a través del levantamiento de parcelas ya sin el equipo de investigación de Puerto Rico.

Capítulo I

1 DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA DE BIÓSFERA SIERRA DE LAS MINAS

1.1 Introducción

Como parte de los requerimientos para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC), requiere una etapa final donde el estudiante se involucre y enfrente situaciones de la realidad nacional en donde pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

El presente trabajo se enmarca dentro de una serie de investigaciones llevada por la Dra. Carla Restrepo en la Sierra de las Minas, Guatemala, desde el año 2005, el cual se enfoca en entender y explicar la transferencia de carbono orgánico por la actividad de los deslaves en los ecosistemas montanos tropicales. Para esto se hace necesario estudiar diversos factores relacionados directamente al ciclo del carbono y los deslaves, a fin de entender mejor las interacciones de este elemento a distintos niveles. Esto hace necesario que se realicen muestreos de agua en los ríos hacia donde drenan los deslaves, se muestree la biomasa en el suelo y sobre el suelo, así como en bosques y en deslaves.

El presente diagnóstico consistió en un análisis de la situación relacionada a la investigación de la Dra. Restrepo y del área de estudio. Esto permitió conocer información relacionada al área de trabajo, sitios de posible muestreo, necesidades y limitaciones dentro de la investigación, a fin de poder generar una planificación adecuada y dirigir mejor los esfuerzos de investigación y de servicios, que se traduzcan en resultados que enriquezcan la investigación general en el marco del Proyecto.

La metodología seguida para definir objetivos y lograrlos se basó en: 1) recopilación de información, principalmente del tipo bibliográfica y cartográfica a través de trabajos previos desarrollados a nivel nacional e internacional, donde entrevistas con la Dra. Restrepo también aportaron información relevante; 2) fase de reconocimiento en campo a fin de verificar lo encontrado en la primera fase de recopilación de información, además de hacer los primeros contactos con las

comunitarios locales quienes aportaron información sobre las variables de interés (suelos, deslaves, bosques, accesos, otros); y 3) definición y planteamiento de los servicios así como de un tema de investigación a desarrollar en el área.

1.2 Justificación

El constante aumento de las concentraciones de carbono atmosférico y su consecuente relación con el cambio climático ha propiciado investigaciones innovadoras destinadas a mejorar el entendimiento del ciclo del carbono en la Tierra.

Si bien, la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de la tierra son las principales causas de cambio climático, siendo en ambos casos las mayores fuentes de emisiones de carbono atmosférico. Sin embargo, existe otra gran cantidad actividades y fenómenos naturales que inciden sobre el ciclo del carbono, algunos más estudiados que otros, mientras que algunos son prácticamente desconocidos.

Algunos autores señalan, que la erosión ocurrida en las áreas de cultivo en alta pendiente juega un rol muy importante en los reservorios de carbono. Situación que se ve exacerbada con la ocurrencia de deslizamientos de tierra, donde grandes cantidades de tierra y material orgánico, es removido en un periodo corto de tiempo, donde a pesar de ser eventos generalmente ligados a fenómenos climáticos extremos no tan frecuentes, tienen el potencial de abarcar grandes áreas, incluyendo zonas pobladas.

Esto hace que la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM) sea un área con condiciones adecuadas, dado que tiene una gran cantidad de deslaves registrados, así como una alta susceptibilidad de ocurrencia de los mismos, debido a su topografía muy escarpada, actividad sísmica frecuente, geología y precipitación intensa.

A nivel internacional, la dinámica del carbono entorno a los deslaves aún es poco entendida, y en Guatemala pocos o nulos han sido las investigaciones en torno a este tema. Esto conlleva la necesidad de generar información de campo y de laboratorio, a fin de definir como cambian los reservorios de carbono al pasar de un estado de bosque natural maduro a un área prácticamente sin cobertura. Hay que destacar, que es necesario definir dicho cambio no solo en la biomasa sobre el suelo (árboles, arbustos, material en descomposición, etc) sino también en el suelo.

Debido a esto, se hace necesario poder recopilar toda la información posible de la Reserva de Biósfera de las Minas, a fin definir los sitios tentativos de muestreo, las vías de acceso, las permisos pertinentes para el acceso, logística local, seguridad, presencia y características de los deslizamientos, que para fines de homologación, se estarán estudiando únicamente deslaves ocurridos durante el huracán Mitch en 1998. Esto obedece principalmente, a que fue el último evento climático extremo que azotó con verdadera fuerza en la zona, provocando una gran cantidad de deslizamientos de los cuales ya existen inventarios y caracterizaciones previas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Conocer el estado actual de los deslizamientos de tierra ocurridos durante el huracán Mitch en 1998 en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, con énfasis en las cuencas del río Jones, Santiago, Jones y Zarco.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Definir el potencial para desarrollar los muestreos.
2. Realizar visitas de campo a fin de comprobar la viabilidad de los muestreos.

3. Realizar contactos con gente local para poder definir la viabilidad de la estadía e ingreso a los sitios de muestreo.
4. Definir un programa tentativo para la fase de campo de establecimiento de parcelas y toma de muestras.

1.4 Marco referencial

1.4.1 Reserva de Biósfera Sierra de las Minas

La Sierra de las Minas es una cadena de montañas con una amplia variedad de elevaciones que van desde 10 hasta 3,010 msnm. lo que ha permitido la formación de diferentes tipos de ecosistemas y bosques, los cuales abarcan desde monte espinoso seco hasta bosque nuboso.

La Sierra se destaca como una importante fuente de agua dulce, de ella nacen más de 63 ríos que alimentan los caudales de los ríos Motagua, Polochic y San Jerónimo (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

Cubre un total de 242,642 hectáreas (2,426 km²) y es una de las Reservas de Biosfera reconocidas por el programa “El Hombre y la Biosfera” (MAB) de las Naciones Unidas y ha estado bajo la coadministración y protección de Fundación defensores de la Naturaleza desde 1990.

Los recursos de la Sierra de las Minas tienen un gran valor intrínseco como parte del patrimonio natural, pero también son muy valiosos desde el punto de vista socioeconómico. El agua que nace en la Sierra de las Minas tiene una gran importancia económica ya que abastecen el uso doméstico de más de 400,000 personas, uso agroindustrial e hidroeléctrico (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

En los bosques de la Sierra de las Minas hay más de 100,000 hectáreas (1,000 km²) de terreno destinadas a producción y manejo agroforestal lo cual representa un enorme potencial económico para la región y el país.

En el área se produce, asimismo, una gran cantidad de alimentos y plantas medicinales. Los paisajes y especies particulares de la Sierra de las Minas poseen un gran potencial para realizar actividades de ecoturismo.

La Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) juega un papel fundamental en la prevención de desastres naturales y en la protección de obras de infraestructura como caminos, puentes, sistemas de riego y de abastecimiento de agua.

Dentro de la RBSM viven unas 180,000 personas asentadas en más de 200 comunidades. La mayor parte de las comunidades pertenecen a personas del grupo étnico Kekchí y en menor cantidad la etnia Poqomchí, quienes desplazan hacia el interior de la Sierra de las Minas. En términos generales, los habitantes de la Sierra de las Minas dependen de prácticas agrícolas (café, cardamomo, granos básicos y frutales), algunos practican la agroforestería y el manejo forestal (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010)

Los centros poblados más grandes se encuentran establecidos en los valles de los ríos Motagua y del Polochic, cuyas vías de acceso más importantes son la CA9 y la 7E respectivamente. En dirección de oeste a este, éstas carreteras unen a los centros poblados y agrícolas con Puerto Barrios, la ciudad principal con puerto en el mar Caribe. Ambas carreteras fueron cerradas durante el huracán Mitch, y la CA9 se cerró de nuevo en 1999 debido a un flujo de escombros. Las carreteras secundarias y los caminos rurales que flanquean la sierra son rutas importantes de comunicación entre las comunidades pequeñas y para el transporte de productos agrícolas. Los deslizamientos de tierra ocurridos durante el huracán Mitch cortaron muchas de éstas vías de comunicación (Bucknam *et al.* 2001).

Como área protegida, el área fue declarada como Reserva de Biósfera el 4 de octubre de 1990, mediante el Decreto Ley 49-90 el Congreso de la República de Guatemala. Con esta base legal, dentro de los planes maestros se definió que la división administrativa del área estaría organizada en distritos y sectores, y que estaría enfocados en el uso integral del manejo por medio de cuenca hidrográfica. De forma general, la división administrativa obedece a los siguientes criterios:

- Jurisdicción departamental, de los cinco departamentos en los cuales se ubica la Reserva.
- División fisiográfica por cuencas
- Vías de acceso existentes
- Ubicación de grupos étnicos y áreas de ocupación e influencia de grupos poblacionales.

A nivel administrativo, la administración general está a cargo de la Junta Directiva de la RBSM, y funciona a través de la Secretaría Ejecutiva que de conformidad con la ley es la encargada de ejecutar las actividades técnico-administrativas establecidas por la Junta Directiva basados en los artículos 6 del Decreto 49-40, artículos 12 y 13 del Reglamento para la Organización y Funcionamiento de la Administración de la RBSM (Acuerdo Gubernativo 93-92) (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

La reserva abarca un total de 5 departamentos en el noreste del país; Baja Verapaz en los municipios de Salamá, San Jerónimo y Purulhá; El Progreso en los municipios de Morazán, San Agustín Acasaguastlán y San Cristóbal Acasaguastlán; Alta Verapaz en los municipios de La Tinta y Panzós; Zacapa en los municipios de Usumatlán, Teculután, Río Hondo y Gualán; y finalmente en Izabal, específicamente en Los Amates y El Estor.

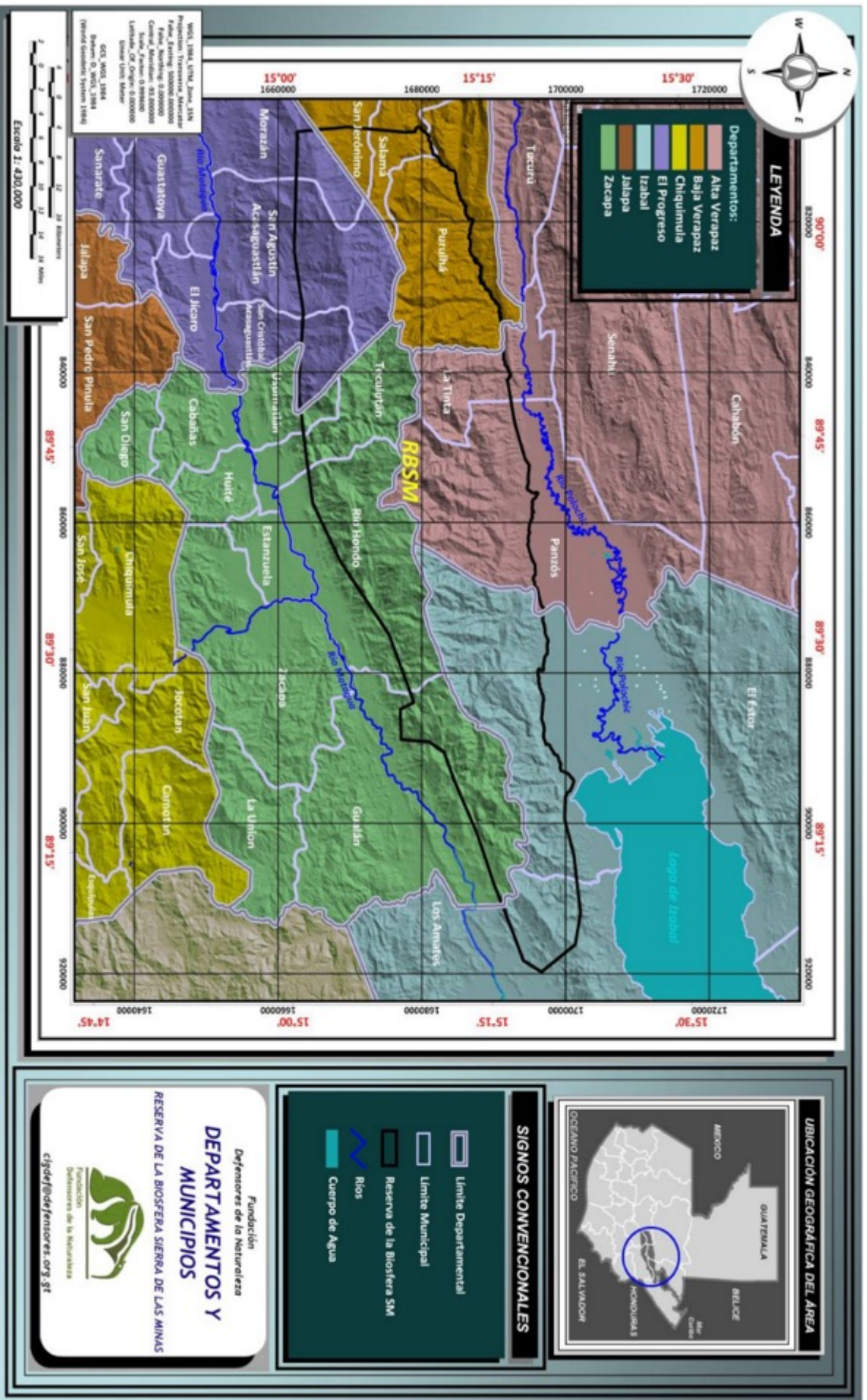


Figura 1. Mapa de ubicación departamental y municipal de la RBSM.
 Fuente: Fundación Defensores de la Naturaleza 2010.

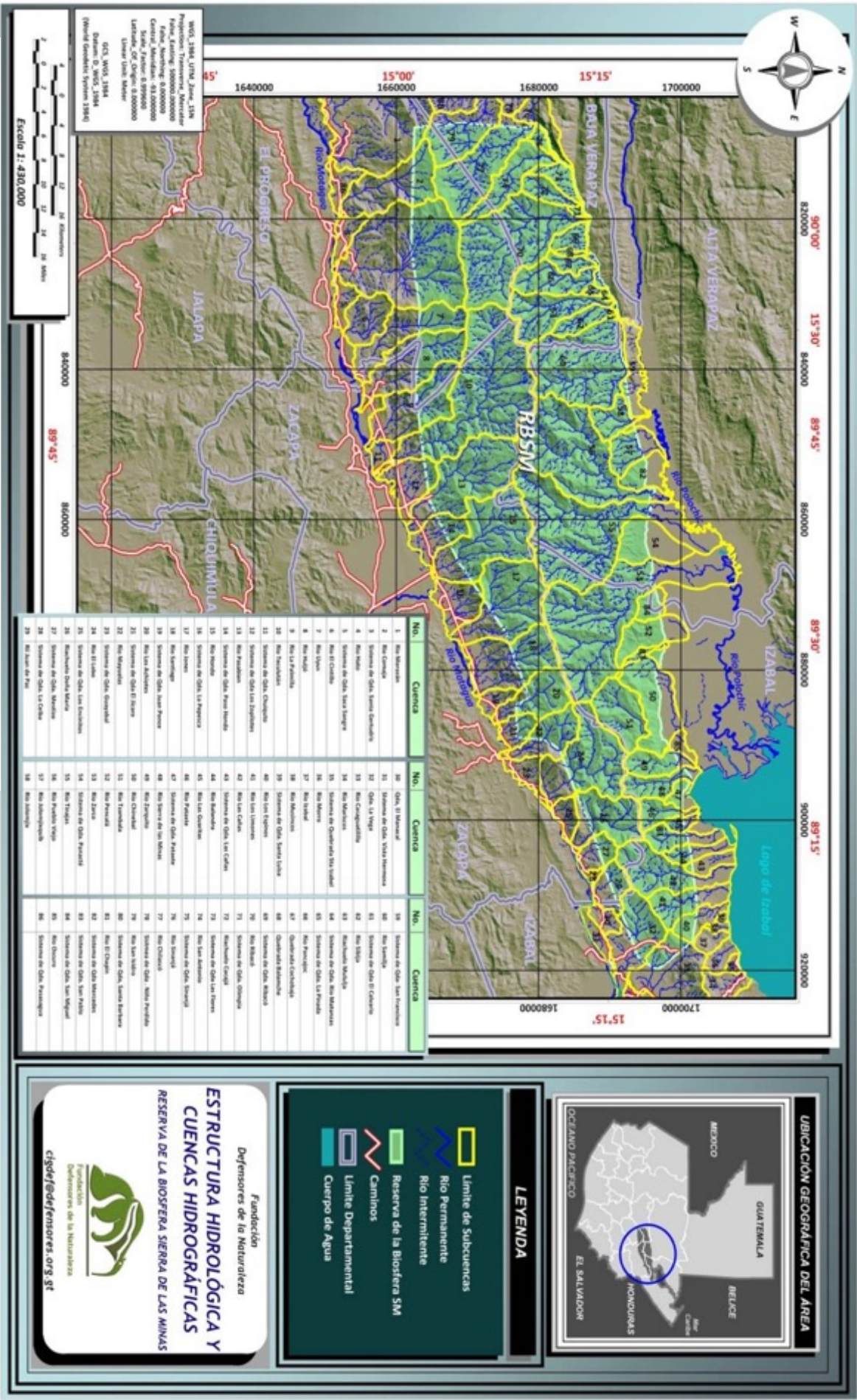


Figura 2. Mapa hidrologico y de cuencas de la RBSM.
 Fuente: Fundación Defensores de la Naturaleza 2010.

A. Clima

Dadas las condiciones topográficas y de ubicación geográfica, las características de la lluvia varían mucho en distancias muy cortas. La precipitación se estima entre los 700 y los 3000 mm anuales, mientras que la condensación de agua en la vegetación de los bosques nubosos abastece a los ríos, también durante los meses de baja precipitación. La depresión oeste-este de la Sierra de las Minas, ejerce un papel muy importante en el patrón de precipitación del Valle del Motagua. La existencia de cordilleras altas crea condiciones de sombra de lluvia, lo que repercute en el valle medio del Motagua, donde se reporta una precipitación anual de menos de 500 mm, siendo el valle más árido y seco de Centroamérica (Bucknam et al. 2001, Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

La temperatura media varía entre los 12 °C y 32 °C a lo largo de todo el gradiente altitudinal de la Sierra de las Minas. Mientras que la humedad relativa puede variar entre el 80 % y 90 % acorde a la época del año (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010)

B. Zonas de vida

- a) **Bosque seco subtropical:** este presenta un relieve plano a ligeramente accidentado, con días claros y soleados durante los meses en que no llueve y parcialmente nublados durante la época de enero a abril. Los suelos planos son de buena calidad y se les puede introducir sistemas de riego, teniendo entre los cultivos agrícolas más comunes, para esta zona de vida, la caña de azúcar, frijol, ajonjolí, maní, melón, sandía, tomate, yuca y algunas especies perennes como mango, guanaba y marañón.
- b) **Bosque seco espinoso subtropical:** se caracteriza por presentar un relieve plano a ligeramente accidentado con días claros durante la mayor parte del

año y escasa precipitación anual, la cual generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre. La vegetación dominante la componen principalmente arbustos y plantas espinosas. Los cultivos apropiados para esta zona de vida son únicamente fitocultivos con regadíos, mientras que entre los cultivos más comunes se encuentran la sandía, el melón, tomate, chile y tabaco. Algunas especies arbóreas nativas son usadas para la elaboración de carbón y leña.

- c) **Bosque húmedo subtropical (templado):** tiende a presentar relieves ondulados, accidentados y escarpados. El periodo donde la lluvia es más frecuente es entre mayo y noviembre, variando de intensidad según la situación orográfica. Entre las especies arbóreas más comunes se encuentra: el pino colorado, lengua de vaca, hoja de lija y robles. Las características generales de esta zona de vida, el uso apropiado de forma general se limita a manejo forestal, encontrándose producción de frijol y maíz a nivel de subsistencia.

- d) **Bosque muy húmedo subtropical (frío):** presenta relieves ondulados y en algunos casos accidentado. El régimen de lluvia es similar a la zona anterior, pero de mayor duración, lo cual influye en la vegetación, la cual está representada naturalmente por especies como *Pinus pseudostrobus*, *Liquidambar sp.*, aguacatillo y fruto de paloma. El uso apropiado para esta zona, generalmente se limita a pastos criollos con ganadería a pequeña escala.

- e) **Bosque muy húmedo subtropical (cálido):** generalmente presenta relieves de plano a accidentado. Los climas presentes pueden ser muy variables, debido a la influencia del viento. Es una de las zonas que presenta mayor riqueza en cuanto a la composición florísticas, encontrándose entre las especies indicadoras *Orbignya cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum*

alicsatrum, *Lonchocarpus sp.*, *Virola sp.*, *Cecropia sp.*, entre otras (Figura 3)
(Holdridge 1947).

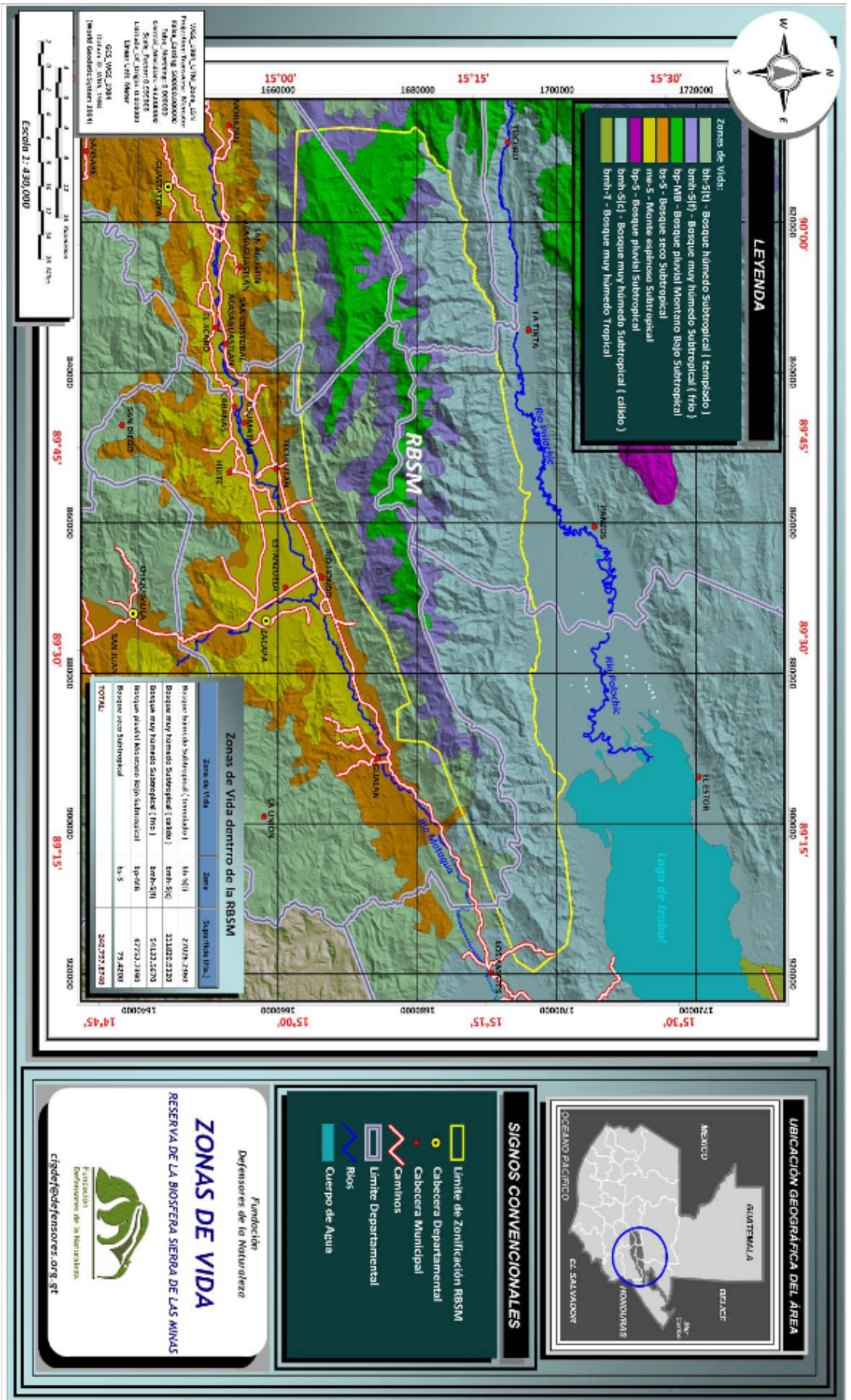


Figura 3. Mapa zonas de vida según Holdridge de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas Fuente: Fundación Defensores de la Naturaleza 2010.

C. Geología y suelos

La Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, está rodeada tanto al norte como al sur por dos grandes depresiones correspondientes a las fallas del Motagua y del Polochic, que en su mayoría están formadas por rocas paleozoicas, que son las rocas más antiguas de Centroamérica. Esta cordillera se formó gracias al levantamiento de una gruesa secuencia de basamento, con algunas rocas anfibolitas y mármoles (Campbell 1982).

Los suelos presentes dentro de la Reserva están entre los más antiguos de Centroamérica (Campbell 1982), cuya textura va desde arcillosa a limosa, con profundidades de entre 25 cm y 50 cm. Estos suelos presentan alta susceptibilidad a la erosión y presentan pendientes de entre 40 % y 70 %, lo que hace que estos no sean recomendables para actividades de pastoreo, sino que se recomienda actividades relacionadas al manejo forestal o ambiental, dejando áreas muy pequeñas para producción agrícola (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

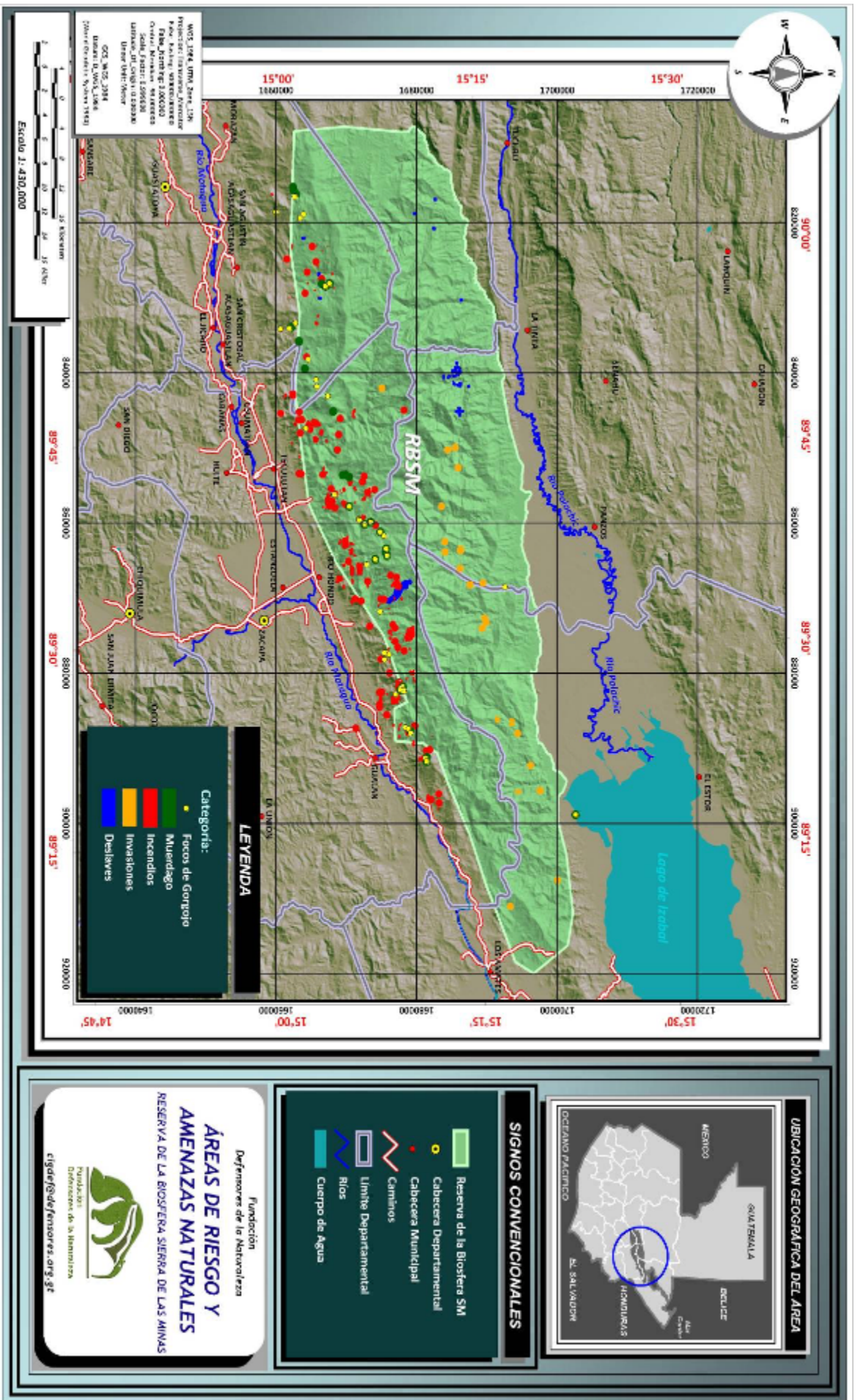


Figura 4. Mapa de área de riesgo y amenazas naturales y de origen antropogénicas en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas
 Fuentes: Fundación Defensores de la Naturaleza 2010.

D. Vegetación

La vegetación en la RBSM es muy variada, lo cual obedece al amplio rango altitudinal y climático existente en el área. Está compuesta principalmente por asociaciones neárticas y neotropicales, siendo un ejemplo espectacular de coexistencia entre coníferas, robledales y poblaciones de diversas lauraceas con abundantes asociaciones de musgos, helechos y epífitas (Marroquin 1991).

La Reserva presenta una gran complejidad de ecosistemas, encontrándose diversas formaciones vegetales (Figura 5). Contiene más de 600 km² de bosque nuboso, lo que representa la mayor extensión de hábitat aún existente en el país para el Quetzal. Siendo de vital importancia para la conservación de esta ave, dado que sirve como eje de las migraciones estacionales que realiza la especie (Paíz 1996)

Dentro de la Reserva se puede encontrar tanto bosque primario como secundario. El primero está constituido principalmente por bosque nuboso latifoliado, ubicado principalmente en las partes más altas de la Sierra. Según el (Centro de Datos para la Conservación (CDC) 2006) y basados en una evaluación ecológica rápida, en la Reserva existen tres comunidades vegetales. Entre estas se puede mencionar la comunidad de los bosques de coníferas, formada por tres estratos: el dosel superior, con individuos arbóreos de entre 30 m y 35 m; estrato subdominantes, con individuos de entre 10 m y 20 m; y el sotobosque, con individuos de entre 5 y 10 m de altura. En esta comunidad se reportaron especies arbóreas como *Pinus pseudostrobus* Lindl., *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltl., *Cupressus lusitanica* Mill., *Abies guatemalensis* Rehder, *Taxus globosa* Schltl., *Quercus sapotifolia* Liebm., *Quercus ocoteifolia* Liebm., *Ilex anodonta* Standl. & Steyerem., *Drimys granadensis* L.f., entre otras. El estrato arbustivo se caracteriza por presentar especies del género *Miconia*, *Parathesis*, *Myrica* y *Cleyera*. Por otro lado, la vegetación herbácea está representada por especies del género *Fuchsia*, *Begonia*, *Viola*, *Solanum*, *Bomarea*, *Smilax* *Passiflora*, *Rubus*, *Cavendishia*, *Pernettya*, *peperomia* y varias especies de orquídeas.

Los bosques nubosos aparecen estratificados, con doseles que oscilan entre los 20 y 30 m de altura; el estrato subdominante de 10 a 20 m, mientras que el sotobosque presenta alturas de entre 5 y 15 m. Entre las especies más representativas de esta comunidad se encuentran las siguientes especies: *Quercus sapotaefolia*, *Persea vestricula*, *P. sessilis*, *Phoebe bourgeauviana*, *Cornus disciflora*, *Dendropanax oliganthus*, *Parathesis vulgata*, *Hedyosmum mexicanum*, *Cyathea fulva*, *Chusquea pittieri*, *Drymis granadensis*, *Rapanea myricoides*, *Saurauia waldheimia*, *Symplocos matudae*, *Podocarpus oleifolius*, *Cleyera theacoides*, *Buddleia euryphila*, *Rhamnus discolor* y *Disterigma humboldtii*. En el estrato arbustivo se encuentran especies como: *Chamaedorea* sp., *Eugenia* sp., *Fuchsia* sp., *Psidium* sp. y *Cyathea* sp. La vegetación herbácea y epífita más representativa de esta comunidad es: *Poligonatum* sp., *Maianthemum* sp., *Rubus* sp., *Smilax* sp., *Clusia* sp., *Peperomia* sp., *Tillandsia* spp., *Isochilus linearis*, *Maxilaria* sp., *Pleurothallis* sp., *Epidendrum* sp., *Piper* sp., *Heliocereus* sp. y *Pernettya* sp. (Centro de Datos para la Conservación (CDC) 2006).

Finalmente, la última comunidad vegetal identificada dentro de la Reserva es el bosque tropical, comprendido también en tres estratos. El dosel dominante presenta una altura de entre 25 y 35 m, el estrato subdominante entre 20 y 25 m y el sotobosque entre 10 y 20 m, estos estratos están representados por las siguientes especies: *Castilla elástica*, *Pouteria* sp., *Cedrela odorata*, *Croton glandulosa*, *Platymiscium dimorphandrum*, *Pithecolobium vulcanorum*, *Genipa caruto*, *Dendropanax oliganthus*, *Prunus guatemalensis*, *Clethra suaveolens*, *Homalium racemosum*, *Inga micheliana*, *Lunania mexicana*, *Brunellia mexicana*, *Eugenia organoides* y *Ilex* sp. En el estrato arbustivo se puede encontrar *Chamaedorea* sp., *Mollinedia guatemalensis*, *Raupala* sp., *Dalbergia tucurensis*, *Asophila salvinii*, *Pleuranthodenron mexicana* y *Ocotea standleyii*. Entre la vegetación herbácea y epífita se encuentra *Begonia* sp., *Zebrina* sp., *Chamaedorea* sp., *Tillandsia* sp., helechos, musgos, cactus, y aráceas (Centro de Datos para la Conservación (CDC) 2006).

A pesar de que ya hace varios años no se desarrollan nuevos estudios intensivos sobre flora, la información existente ha demostrado que dentro de la Reserva hay especies de flora amenazadas, entre ellas: *Magnolia guatemalensis*, *Abies guatemalensis*, *Acer skutchii*, *Juniperus comitana*, *Agave seemanniana*, *Quercus skinneri*, *Quercus polymorpha*, *Diphysa floribunda* y *Taxus globosa* (Medinilla 1999, Vargas 2000, Rosito 1999, Emeterio y Caveró 2000, Marcos 2000).

Por otro lado, algunos autores delimitan el bosque en función del hábitat animal que estos representan, tal es el caso de Campbell 1982, quien identifica cuatro hábitats mayores en la parte superior de la Reserva: bosque húmedo subtropical superior, bosque nuboso de maderas duras, bosque de Liquidámbar, y bosque húmedo de pino-encino. Aunque estos bosques a veces están bien delimitados, con mucha frecuencia se entrecruzan tan estrechamente o casi imperceptiblemente entre sí, que es casi imposible determinar dónde termina uno y donde empieza otro.

E. Fauna

La Sierra alberga por lo menos 885 especies de fauna entre mamíferos, aves, reptiles y anfibios, lo cual corresponde al 70 % de todas las especies de estos grupos registrados para Guatemala y Belice (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

Datos respecto a la existencia de insectos en la Reserva son limitados, a pesar de eso, se considera que es un área muy importante para algunas especies endémicas de varios grupos de insectos, debido a la gran variedad de ecosistemas y los diversos picos de altitud que forman islas de endemismo, especialmente para pasálidos y otros escarabajos (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010)

A nivel de aves se han reportado más de 400 especies de aves, incluyendo algunas fuertemente amenazadas como el Quetzal (*Pharomacrus moccino*) y el pavo de cacho (*Oreophasis derbianus*).

En cuanto a anfibios y reptiles, alrededor de 110 especies están presentes en la Reserva (Campbell 1982), concentrándose especialmente entre los 400 y 2000 m.s.n.m. Algunos autores señalan que la Sierra es de las áreas con más especies endémicas de anfibios, por lo menos 24 de los géneros *Abronia*, *Plectrohyla* y *Cryptotriton* (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010).

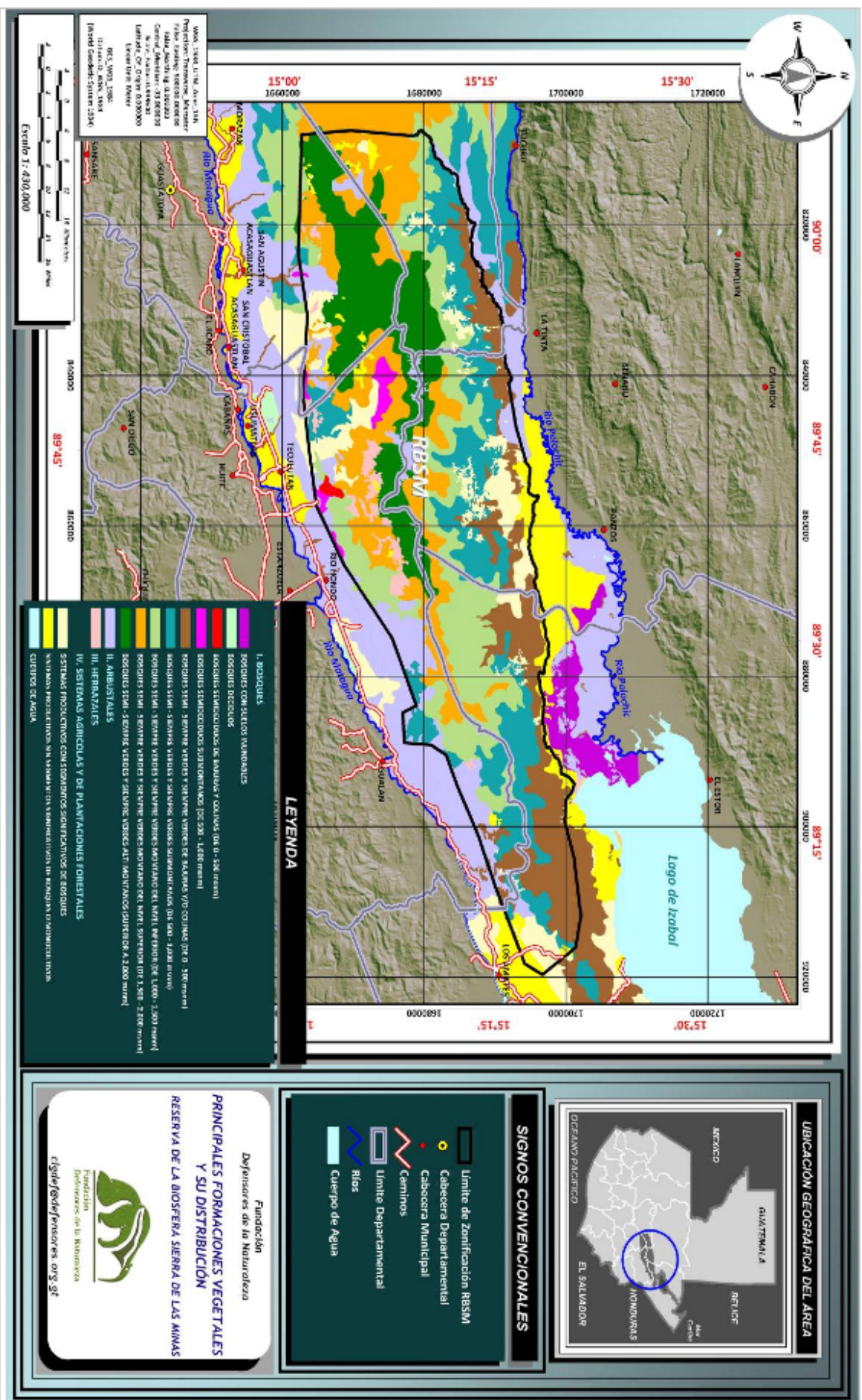


Figura 5. Mapa de formaciones vegetales presentes en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.
 Fuente: Fundación Defensores de la Naturaleza 2010.

F. Zonificación

La Reserva de Biósfera Sierra de las Minas está dividida en cuatro zonas de uso, las cuales delimitan el tipo de manejo que puede llevarse a cabo en el área, siendo estas: zona núcleo, zona de usos múltiples, zona de recuperación y una zona de amortiguamiento. La delimitación de dichas zonas fue establecida mediante el Decreto 49-90 y en los siguientes Planes Maestros del Área

a) Zona núcleo

El principal objetivo de esta zona es la preservación del ambiente natural, conservación de la diversidad biológica y la conservación de las fuentes de agua, además de la investigación científica y el turismo ecológico en aquellas áreas habilitadas para ello, y cuando dichas actividades no perjudiquen los ecosistemas de la Reserva.

b) Zona de usos múltiples o sostenible, de amortiguamiento y recuperación

El objetivo principal de esta zona el amortiguamiento de la zona núcleo, la restauración y el uso sostenible de los recursos naturales, sin perjudicar de forma temporal o permanente los ecosistemas que alberga.

c) Zona de amortiguamiento

Su objetivo es lograr el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, lograr la participación y educación ambiental de las comunidades asentadas en la zona, y mejorar las condiciones de la reserva y sus respectivos recursos.

d) Zona de Recuperación

Su objetivo es recuperar la cubierta forestal de las áreas con vocación forestal y que se encuentran afectadas por la ausencia de manejo sostenible. Indirectamente se espera que con la recuperación, se puedan proteger y recuperar los suelos y fuentes de agua, así como la rehabilitación de hábitats para la fauna local.

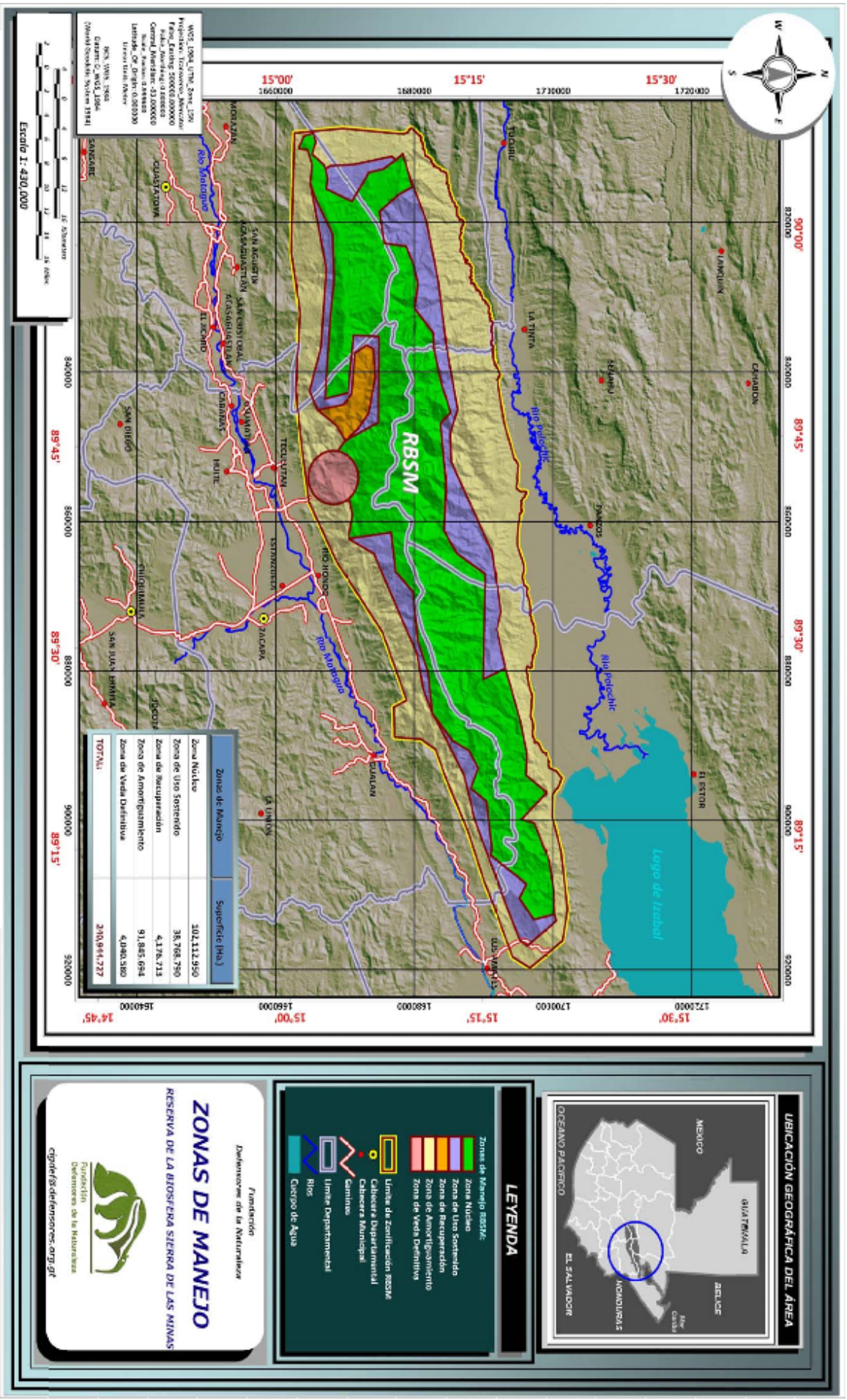


Figura 6. Mapa de zonas de manejo de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas.
 Fuente: Fundación Defensores de la Naturaleza 2010.

G. Ocurrencia de fenómenos naturales

Dadas las condiciones de pendiente y de material original, la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas ha sido altamente afectadas por deslaves o deslizamientos de tierra, especialmente cuando ocurren eventos climáticos extremos (Bucknam et al. 2001, Schuster et al. 2001, Fundación Defensores de la Naturaleza 2010)

Entre los años 1999 y 2001 se reportaron más de 11,500 deslizamientos para la Sierra de las Minas, de los cuales más del 90 % se generaron debido al paso del Huracán Mitch, desde pequeños hasta grandes, llegando a generar en algunos

casos flujos de escombros que llegaron a cubrir entre 15 ha y 25 ha.

Curiosamente, al contrario de lo que se podría suponer, la gran mayoría de estos deslizamientos

ocurrieron en laderas con pendientes

moderadas a inclinadas

sobre unidades geológicas

diversas y en muchos casos con amplia

cobertura forestal primaria. Esto se debió a que, durante un periodo de

alrededor de 12 días, el área recibió una



Figura 7. Dique de deslizamiento de tierra en el Río La Lima. Fuente: Schuster et al. 2001.

precipitación de entre los 200 y 600 mm, siendo la parte alta del Valle del Polochic, las montañas circundantes y la Sierra de las Minas las que recibieron la mayor cantidad de lluvia (desde 400 mm hasta los 600 mm). A pesar de estos datos, los registros de las estaciones meteorológicas en el área (San Lorenzo y Pasabien) muestran que la precipitación durante el evento fue prolongada y de intensidad moderada a fuerte, más no extraordinaria durante ningún día. Según los datos de la Estación San Lorenzo, cuya elevación es comparable con la elevación en dónde ocurrieron abundantes deslizamientos, hubo 4 días consecutivos con más de 40 mm de lluvia diarios (Bucknam et al. 2001).

Entre los deslizamientos más grandes registrados dentro de la Sierra de las Minas, está los ocurridos en el río La Lima, al norte de la aldea Jones, Río Hondo, Zacapa. El menor de los deslizamientos abarcó un área de 16 ha aproximadamente, mientras que el mayor abarcó alrededor de 25 ha, dónde la erosión subsiguiente de los depósitos del flujo de escombros movilizado por este deslizamiento contribuyó a que los sedimentos formaran un dique, el cual supuso un peligro mínimo, pero existente, a la aldea Jones (Figura 7) (Schuster et al. 2001).

En resumen, una combinación de pendiente, alta intensidad de lluvia y en algunos casos actividad sísmica, pueden resultar en deslizamientos de tierra, proceso que transforma la cobertura de la tierra en formas diferentes, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo y que, a diferencia de la deforestación, estos eventos resultan en la remoción de suelo y capas de roca, además de la vegetación (Restrepo y Alvarez 2006). Sin embargo, los deslizamientos de tierra son procesos tan complejos, que pueden estar influenciados por los atributos de la vegetación que, en conjunto con el clima, y en algunos casos actividades humanas, pueden influenciar dinámicas a gran escala en ecosistemas montanos (González Díez et al. 1996).

A pesar de todas las implicaciones y de las distintas relaciones que a nivel ecológico conllevan los deslizamientos, a la fecha, han sido limitados los esfuerzos para cuantificar sus efectos e implicaciones (Restrepo y Alvarez 2006).

Asimismo, se en los últimos años se ha reportado eventos climáticos atípicos como tornados, los cuales se reportaron en la subcueca del río Samilhá, específicamente en el Barrio Samilhá, además, también se reportó ocurrencia de este fenómeno en San Cristóbal Acasaguastlán (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010)

1.5 Metodología

Hay que remarcar que, el presente diagnóstico se enmarca dentro de una serie de investigaciones desarrollada por la Dra. Carla Restrepo en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas desde 2005 aproximadamente, de la cual se han publicado diversos trabajos en diferentes revistas científicas arbitradas.

De forma general, sus investigaciones se han centrado en estudiar los flujos de carbono orgánico, su relación con los deslizamientos de tierra producidos por el huracán Mitch en ecosistemas forestales y los medios de vida de las comunidades afectadas.

Con estos antecedentes, se pudo determinar que, a pesar de la amplia experiencia y del arduo trabajo de campo realizado en el marco de sus investigaciones, la Dra. Restrepo ha estado trabajando con modelos en su mayoría extranjeros para la determinación de la biomasa, y consecuentemente carbono, que generalmente no toman en cuenta los valores de los diámetros menores (menos de 10 cm de diámetro a la altura del pecho).

Con el objetivo de llenar este vacío en sus investigaciones y generar modelos locales, se determinó la necesidad de elaborar modelos alométricos para la determinación de biomasa en especies leñosas colonizadoras en deslaves en la RBSM.

Esto hizo necesario un trabajo inicial de gabinete, donde se delimitaría el área de trabajo, tomando en cuenta características biofísicas y de logística dentro del área

de estudio, entre las que se encuentran: vegetación, pendiente, suelos, zonificación, zonas de vida, vías de acceso, comunidades cercanas, intervención humana, entre otros. Tomando como base la información existente en la IV Actualización el Plan Maestro de la RBSM y el trabajo realizado por Bucknam et al. 2001 se decidió que, las mejores áreas potenciales para desarrollar la investigación eran la cuenca del río Jones y la cuenca del río Santiago.

Seguidamente, se realizó una visita de campo a cada sitio para corroborar las características biofísicas y de logística en cada cuenca. Durante la semana del 6 al 14 de junio de 2012 se realizó esta gira de reconocimiento, donde se visitaron tres sitios tentativos de muestreo en la cuenca del río Santiago y un sitio tentativo en la cuenca del río Jones. Durante esa semana en campo se pudo recorrer, observar y documentar las características generales de los deslizamientos, la regeneración y las vías de acceso a los mismos. Gracias al apoyo de don Benjamín Agustín y de Elmer Sosa en las aldeas Morán y Jones, respectivamente, se pudo recorrer ambas cuencas y alcanzar los parteaguas, así como observar algunos deslizamientos.



Figura 8. Deslizamiento de tierra cuenca de río Santiago.

Fuente: Fotografía propia.

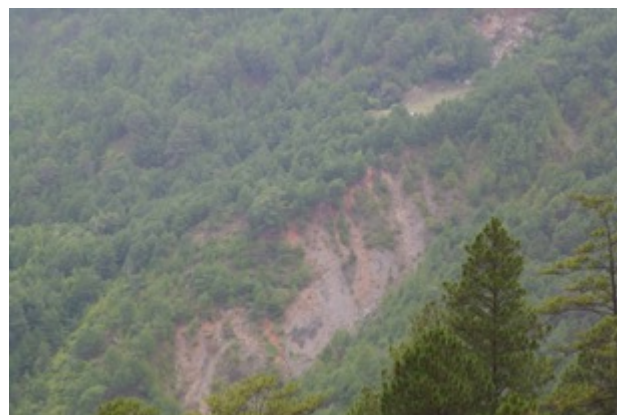


Figura 9. Deslizamiento de tierra cuenca de río Jones.

Fuente: Fotografía propia

Debido a que es necesario contar con regeneración *medible* dentro de los deslizamientos, y a que el marco temporal de la investigación abarca a todos aquellos deslizamientos ocurridos durante el huracán Mitch en 1998, luego de la visita de campo se procedió a corroborar, a través del uso de fotografías satelitales

del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés), que efectivamente dichos deslizamientos hayan ocurrido durante como consecuencia del Huracán Mitch.

La fase de gabinete final integró toda información recopilada en la fase inicial y en la fase de campo. El análisis permitió determinar que el mejor sitio para desarrollar el estudio era la cuenca del río Santiago, debido a su acceso, número de deslizamientos ocurridos durante el huracán Mitch, poca intervención humana, disponibilidad de guías y accesos a la parte alta de la cuenca del río Zarco, en la vertiente del río Polochic. Esto último de vital importancia dado que, como parte de los servicios, se requería incrementar el número de parcelas de bosque primario muestreados, especialmente en la cuenca del río Zarco, donde el acceso es prácticamente imposible desde el valle del Polochic

1.6 Resultados

Para lograr el acceso a los deslizamientos de tierra del huracán Mitch y al bosque primario de la parte alta de la cuenca del río Zarco, la cuenca del río Santiago resultó ser la mejor opción, no solo por tener deslizamientos pertenecientes al huracán Mitch y a la cantidad de estos, sino por las condiciones de poca intervención humana y de los bosques primarios circundantes. Debido a esto fue necesario establecerse en la aldea Morán, la última comunidad poblada antes de llegar a los bosques menos intervenidos y dónde el camino para vehículo prácticamente termina.

Los primeros trabajos académicos en la aldea Morán se remontan a 1996, donde un equipo de investigadores de la Universidad de Indiana, FLACSO-Guatemala, Fundación Defensores de la Naturaleza y el Centro de Estudios Ambientales de la Universidad del Valle de Guatemala aplicaron metodología para la cuantificación de carbono, análisis de la cobertura forestal y medios de vida en la comunidad. Estas

investigaciones concluyeron que, los miembros de la comunidad no habían creado instituciones para manejar sus recursos forestales, dado que los comunitarios percibían el recurso como abundante y accesible, con muy pocas amenazas locales y externas. Además, la ausencia de instituciones de gobernanza también obedecía a los pocos incentivos que existían para que los comunitarios manejaran su bosque, por lo que no existían esfuerzos para organizar un manejo del mismo (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007).

Esto concuerda con lo observado en campo, donde las actividades de recolección de especies vegetales o la cacería, por muy de subsistencia que fueran, no contaban con ningún tipo de control o regulación, ni siquiera en la zona núcleo de la Reserva. A pesar de esto, a simple vista, pareciera ser que estas actividades *artesanales* no han afectado en gran medida las poblaciones de estas especies, dado que sigue siendo relativamente fácil su obtención.

Respecto a la ruta a través de la aldea Jones, esta fue descartada debido a que no se identificaron deslizamientos de tierra accesibles que no hayan sido medidos previamente por el equipo de investigación. Además, la lejanía de la aldea hasta la zona núcleo y poco intervenida de la Reserva representaría un gran esfuerzo logístico al momento de salir con todos los materiales y equipos para los respectivos muestreos.

Si bien en esa ruta pudieron divisarse algunos deslizamientos pertenecientes al huracán Mitch que no habían sido muestreados, el acceso a los mismos dependía de una única ruta que daba hacia una finca cuyos propietarios, según pobladores locales, se dedicaban a actividades de dudosa legalidad, por lo que recomendaron evitar cualquier tipo de acercamiento.



Figura 10. Deslizamiento de tierra inaccesible cuenca del río Jones.

Fuente: Fotografía propia.

1.6.1 Descripción biogeográfica de la aldea Morán

La aldea morán se encuentra ubicada en el municipio de Río Hondo, en el departamento de Zacapa, dentro de la cuenca del río Santiago, en la zona de amortiguamiento de la RBSM.

A nivel geológico, la aldea se encuentra sobre PZM (esquistos y gneises de cuarzo), lo que se refiere a un tipo de rocas ígneas y metamórficas del período paleozoico, con una edad geológica correspondiente al terciario inferior hasta el cuaternario reciente. A nivel fisiográfico, corresponde al Gran Paisaje Sierra de las Minas y a la región Tierras Altas Cristalinas. Según (Simmons et al. 1959), la serie de suelos corresponde a Chol (Chg), el cual se caracteriza por ser semejante en todos sus horizontes genéticos, menos en la capa superior; predomina el color café y presentan una textura franco arenosa gravosa a franco arcillo arenosa (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007).

A nivel de la capacidad de uso de la tierra, los bosques cercanos a la aldea, corresponden a tierras forestales de protección y de producción, con pequeñas áreas para la agroforestería con cultivos anuales y agroforestería con cultivos permanentes, sin embargo, la mayoría del suelo es bosque mixto, áreas de pastoreo y cultivos de granos básicos (maíz y frijol) (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007).

La Figura 11 muestra la ubicación de la aldea Morán.

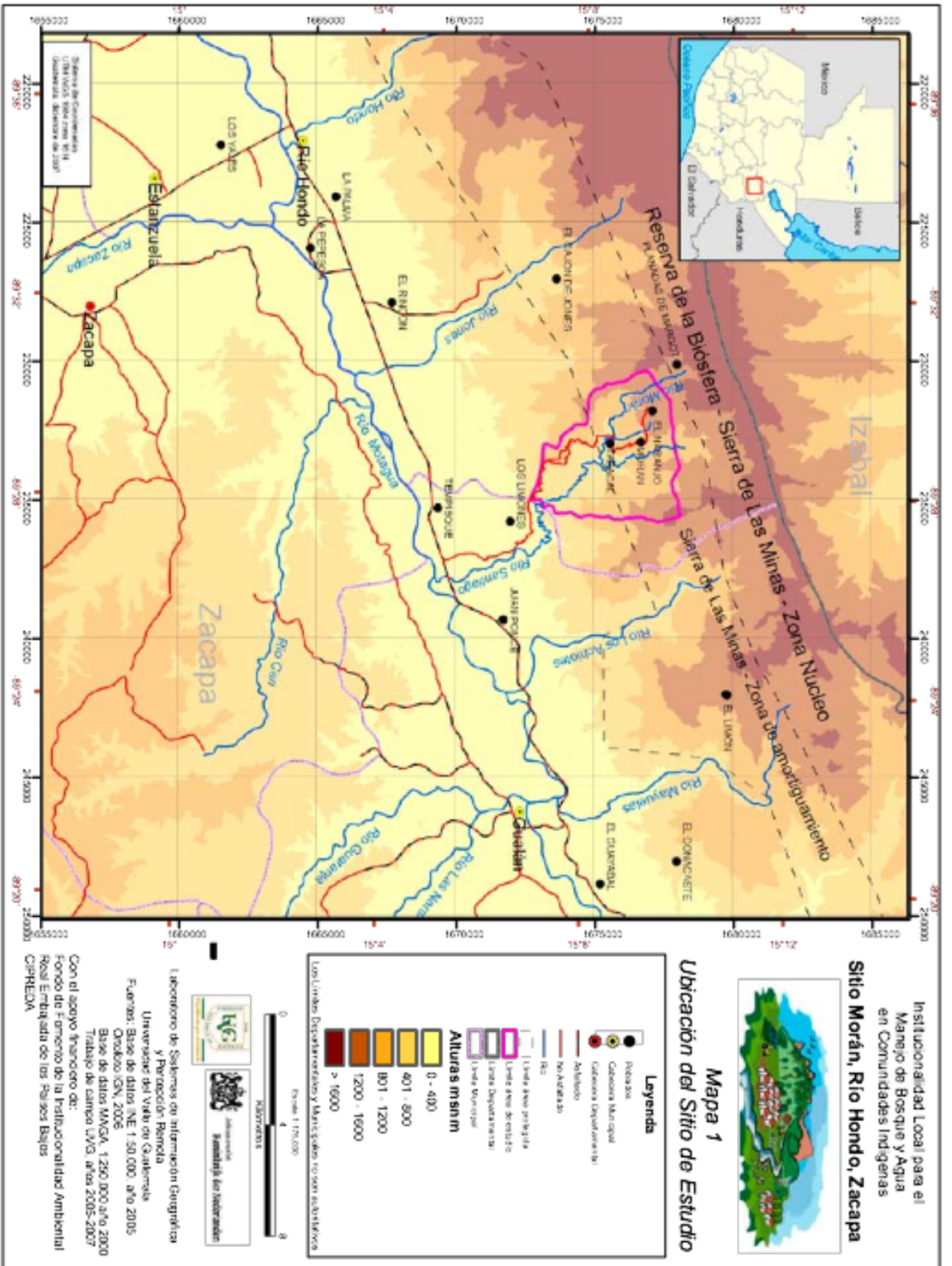


Figura 11. Mapa de ubicación de la aldea Morán.
 Fuente: (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007)

1.6.2 Características socioeconómicas

La aldea morán se encuentra entre las coordenadas 15°08'58" latitud norte y 89°29'08" longitud este, a una altitud aproximada de 1200 m.s.n.m., la cual colinda con el caserío Naranjo ubicado en las coordenadas 15°09'25" latitud norte y 89°29'47" longitud este y pertenece a la aldea Morán.

Ambos poblados pertenecen al municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa, siendo Gualán la ciudad que visitan más frecuentemente por fines de actividades comerciales.

Morán colinda al noroeste con el río Morán, al este con el río Mojonal; está dividida en cuatro barrios y un caserío: Barrio El Rilo, Barrio La Bolsa, Barrio El Centro, Barrio la Laguna y el Caserío Naranjo.

Respecto a su fundación, existen dos versiones, ambas se remontan hasta hace más de 100 años. La primera indica que un señor de apellido Morán y su esposa se asentaron en el área. *Mientras el señor salió a trabajar, su esposa salió a lavar y un jaguar la atacó y la mató.* La segunda versión indica que, los primeros comunitarios llegaron de las aldeas Jones y La Espnilla (ambos del municipio de Río Hondo) buscando tierras para cultivar. Estas personas poco a poco se fueron asentando, siendo los primeros residentes de apellido Aldana (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007, Gibson et al. 2007).

A nivel de infraestructura y servicios, la comunidad no cuenta con servicio de energía eléctrica, algunos hogares utilizan energía alternativa como solar o planta. Por otro lado, el servicio de agua entubada data de 1997 y a pesar de varios esfuerzos, no han podido organizar ningún tipo de comité que se encargue de cobrar por el servicio ni por el mantenimiento del sistema (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007)

Si bien existen varias vías de acceso a la aldea, inclusive hay una que cruza la sierra y conecta con la aldea Sepur en el valle del Polochic, únicamente existe una vía de acceso para automóviles. Esta fue construida en los años 70 por una empresa maderera y conecta las comunidades Tabacal, Morán y el Naranjo en la parte alta de la cuenca; con el caserío Santiago en la parte baja de la misma y colindante con la ruta interamericana. Este acceso recibe limitado mantenimiento y únicamente es accesible para los vehículos de doble tracción (Centro de Estudio Ambientales - CEAB-UVG 2007).

Entre la aldea Morán y el municipio de Gualán, centro económico más cercano, hay aproximadamente 30 km de distancia, y a pesar de que estas tres comunidades pertenecen al municipio de Río Hondo, los pobladores visitan con mayor frecuencia el mercado de Gualán.

La mayoría de los pobladores dependen principalmente de la agricultura de subsistencia y de las remesas que reciben de sus familiares desde Providence, Rhode Island, Estados Unidos. Algunos de los terrenos dedicados a la agricultura le han sido ganados al bosque, para convertirlos en cultivos agrícolas o pastizales. Entre los cultivos más comunes están: maíz, frijol, café, plátanos y yuca; mientras que de forma secundaria cultivan algunos árboles frutales como naranjas y mangos (Gibson et al. 2007).

Dadas las condiciones de los suelos, la mayoría de ellos rocosos y pobres para la agricultura, los agricultores se ven en la necesidad de usar fertilizantes químicos comerciales, herbicidas y pesticidas para incrementar su producción, especialmente la del cultivo del maíz (Gibson et al. 2007).

La ganadería también juega un rol importante en el bienestar y la seguridad económica de algunas familias, utilizando terrenos con altas pendientes como campos de pastura dentro de la cuenca del río Santiago, con inclinaciones que van desde los 17° hasta los 45°.

A nivel de la etnicidad, la gran mayoría de la población se considera ladina, siendo su lengua materna el español.

Como es tradicional en la zona oriental de Guatemala, en la aldea Morán son los hombres los que controlan y tienen el poder de decisión sobre la mayoría de temas en el hogar, incluyendo el uso de los recursos naturales, en particular el bosque. Generalmente, las mujeres tienen un papel pasivo con respecto en este apartado, incluso, cuando el esposo migra fuera de la comunidad, deja encargado a algún pariente masculino la administración del patrimonio familiar. La mayoría de las mujeres, con pocas excepciones, se dedican principalmente a las funciones reproductivas y de oficios domésticos (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007, Gibson et al. 2007).

La posesión de la tierra a lo interno de la comunidad es generalmente confusa y poco clara, predominando las posesiones sobrepuestas y las disputas territoriales históricas entre los herederos y usuarios de hecho de la tierra. A pesar de esta problemática, los comunitarios reconocen tres tipos de posesión de la tierra: 1) Propietarios: dueños con escrituras legales; 2) Poseedores: personas que poseen derecho de uso con documentos que avalan el hecho; y 3) Tenedores: personas que hacen uso de alguna porción de tierra pero que no cuentan con ningún tipo de aval legal (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007).

1.6.3 Descripción del bosque

El bosque de la aldea Morán se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento de la RBSM, a pesar de esto, existen senderos que conducen hasta la zona núcleo de la mismas y que cruzan el parteaguas de la Sierra. Estos bosques se encuentran a una altura de entre 800 y 1300 m.s.n.m. con predominancia de bosques de pino, mixtos y coníferas (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007).

A nivel fitosanitario el bosque se encuentra en un buen estado, no reportándose plagas ni enfermedades que amenacen su salud. A pesar de esto, se apreció que el bosque, debido a las actividades humanas, está altamente fragmentado y ha provocado abundante evidencia de erosión debido a que se ha cortado la cobertura vegetal arbórea para dar paso a pastizales para ganado bovino, producción agrícola y extracción de madera y ocote (Centro de Estudio Ambientales -CEAB-UVG 2007).

1.7 Conclusiones y recomendaciones

La Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, con un área de 242,642 ha es una de las áreas protegidas más extensas de Guatemala y la más rica a nivel de diversidad biológica, que a su vez, contiene más de 64 ríos que benefician a más de 80,000 habitantes que viven dentro de la reserva y que conforman más de 150 comunidades. Dadas las condiciones de conservación y de biodiversidad, esta presenta un gran potencial para el desarrollo de estudios ligados a la vegetación con la base de muestreos de campo.

Dadas sus condiciones edáficas, geológicas, climáticas, de pendiente y de cobertura, la RBSM es un área muy susceptible a los deslizamientos de tierra, especialmente a elevaciones medianas a altas, que para el huracán Mitch fue dónde se concentraron los más grandes deslizamientos de tierra.

Producto de las dos visitas de campo de reconocimiento, resultó que la ruta a la aldea Morán es la más adecuada para el desarrollo de actividades de medición, debido a que presentó una cantidad considerable de deslizamientos de tierra del huracán Mitch sin estudiar, bosques primarios en la zona núcleo con signos mínimos de intervención humana, acceso a la cuenca del río Zarco y una comunidad relativamente cerca de la zona de muestreo que permita manejar las muestras de suelo y de vegetación previo a su traslado a Ciudad de Guatemala.

Se logró establecer contacto con pobladores locales de la aldea Morán, siendo don Benjamín Agustín con quien se negoció tanto la estadía en su casa como centro de operaciones, así como el servicio de guía y ayudante durante todo el muestreo.

Las condiciones relativas a biodiversidad, acceso, guías, presencia de deslaves del huracán Mitch y valores de conservación hacen a la cuenca del río Santiago, el sitio adecuado para desarrollar las actividades enmarcadas dentro de los objetivos del Proyecto.

1.8 Bibliografía

1. Bucknam, RC; Coe, J a; Chavarría, MM; Godt, JW; Tarr, AC; Bradley, L-A; Rafferty, S; Hancock, D; Dart, RL; Johnson, ML. 2001. Landslides triggered by hurricane mitch in Guatemala — Inventory and discussion. Open File Report 01-443 :38.
2. Bucknam, RC; Coe, JA; Chavarría, MM; Godt, JW; Tarr, AC; Bradley, L; Rafferty, S; Hancock, D; Dart, RL; Johnson, ML; Bucknam, RC; Coe, JA; Chavarría, MM; Godt, JW; Tarr, AC; Bradley, L; Rafferty, S; Hancock, D; Dart, RL; Johnson, ML. 2001. Deslizamientos de tierra inducidos por el huracán Mitch en Guatemala inventario y discusión (en línea). :43. Disponible en https://pubs.usgs.gov/of/2002/ofr-02-0033/OFR0233es_Text.access.pdf.
3. Campbell, J. 1982. The biogeography of the cloud forest herpetofauna of middle america, with special reference to the Sierra de las Minas of Guatemala (en línea). s.l., University of Kansas. 326 p. Disponible en http://kuscholarworks.ku.edu/bitstream/handle/1808/7815/Campbell_1982.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
4. CDC (Universidad de San Carlos de Guatemala, FAcultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Centro de Datos para la Conservación, Guatemala). 2006. Evaluación ecológica rápida de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas. Guatemala.
5. CEAB (Universidad del Valle de Guatemala, Centro de Estudio Ambientales, Guatemala). 2007. Institucionalidad local para el manejo de bosque y agua en comunidades indígenas Informe Técnico 2 (en línea). Guatemala. Disponible en [http://www.uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/informes de proyectos/informe_Bioltza-Moran.pdf](http://www.uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/informes_de_proyectos/informe_Bioltza-Moran.pdf).
6. Emeterio, S; Cavero, R. 2000. Contribución a la flora de las cuencas Juan de Paz y Las Cañas, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (Guatemala). Navarra, España, Universidad de Navarra, Publicaciones de Biología, Serie Botánica (13):85-100.
7. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, Guatemala). 2010. IV actualización plan maestro 2010-2014: Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas. Guatemala.
8. Gibson, C; Dodds, D; Turner, P. 2007. Explaining community-level forest outcomes: Saliency, scarcity and rules in eastern Guatemala. *Conservation and Society* 5(3):361-381.

9. González Díez, A; Salas, L; Díaz de Terán, JR; Cendrero, A. 1996. Late quaternary climate changes and mass movement frequency and magnitude in the Cantabrian Region, Spain. *Geomorphology* 15(3-4):291-309.
10. Holdridge, L. 1947. Determination of world plant formation from simple climate data (en línea). *Science* 105(2727):367-368. Disponible en <http://science.sciencemag.org/content/105/2727/367>.
11. Marcos, C. 2000. Censo de especies de género *Quercus* y su distribución geográfica de dos cuencas de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala.
12. Marroquin, D. 1991. Reconocimiento de gabinete de la RBSM y su área de influencia. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Centro de Estudios Conservacionistas, Centro de Datos para la Conservación.
13. Medinilla, O. 1999. Estudio florístico de los bosques con dominancia de especies del género *Pinus* en la microcuenca del río Colorado. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
14. Paíz, M. 1996. Migraciones estacionales del quetzal (*Pharomacrus mocinno* de la Llave) en la región de la Sierra de las Minas, Guatemala y sus implicaciones para la conservación de la especie. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala.
15. Restrepo, C; Alvarez, N. 2006. Central America to land-cover change in the mountains of Mexico landslides and their contribution and Central America. *Biotropica* 38(4):446-457.
16. Rosito, JC. 1999. Estudio florístico de la comunidad del ciprecillo (*Taxus globosa*) en los cerros Pinalón, Guaxabajá y Mululjá, en la RBSM. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
17. Schuster, RL; Bucknam, RC; Mota, MA. 2001. Stability assessment of a hurricane Mitch-induced landslide dam on the río La Lima, Sierra de las Minas, eastern Guatemala. USA, USGS, USDI.
18. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional, Ministerio de Agricultura. 1000 p.

19. Vargas Ponce, JM. 2000. Análisis de la composición florística de las diferentes comunidades de helechos arborescentes de las cuencas del río Naranjo, de la Sierra de las Minas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.

Capítulo II

2 DESARROLLO DE MODELOS ALOMÉTRICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE PLANTAS LEÑOSAS COLONIZADORAS EN DESLAVES EN LA SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA.

DEVELOPMENT OF ALOMETRIC MODELS FOR THE DETERMINATION OF BIOMASS OF COLONIZING WOOD PLANTS IN SLIDES IN THE SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA.

2.1 Presentación

La quema desmedida de combustibles fósiles a nivel mundial, ha provocado que las concentraciones de gases de efecto invernadero aumenten en la atmósfera, lo que trae como consecuencia la generación de disturbios a los patrones naturales del clima. Todo esto, aunado a la destrucción de las áreas boscosas con fines de cambio de uso o con fines energéticos, ha generado que el proceso de cambio climático se acelere en los últimos años.

Según datos de la ONU de 2009 la expansión de la frontera agrícola, la conversión de tierras a pastizales, el desarrollo de infraestructura, incendios forestales, etc., representan casi el 20 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Debido a esta problemática, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) propuso el mecanismo REDD (Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques) como una estrategia válida para la lucha contra el cambio climático. En 2007 en Bali se definió como REDD+ a la reducción de emisiones por deforestación y degradación, así como la conservación, uso sostenido de los recursos y manejo de los reservorios de carbono almacenados en los bosques en los países en vías de desarrollo, incentivando a la conservación mediante pagos a aquellos países que tengan carbono almacenado en sus bosques (UICN 2010).

Estos programas de pagos por bonos de carbono son una fuente de ingresos económicos importantes para los estados, las empresas y las comunidades que dependen de los bosques, ya que reciben beneficios económicos producto de la conservación de los mismos.

Los bosques tropicales secundarios podrían resultar en candidatos apropiados para ingresar a dichos programas, debido a las altas tasas de fijación de carbono (Stephens & Waggoner, 1970). Presentan alto potencial debido al abandono de la

agricultura por actividades más industrializada así como a la presión que existe en la actualidad sobre los bosques primarios, esto otorgará un papel muy importante a los bosques secundarios en los próximos años (Thomlinson *et al.* 1996).

Para ser beneficiario de estos proyectos de pagos por la reducción de las emisiones y conservación, se hace necesario poder cuantificar de manera precisa la cantidad de biomasa producida y almacenada por los bosques (Gibbs *et al.* 2007). Dicha cuantificación se puede realizar mediante el uso de métodos directos, lo que implica la cosecha de los individuos en campo; y no destructivos, lo que implica el uso de regresiones, donde se correlacionan características de fácil medición con la producción de biomasa (Bonham 1989).

Para el caso de los métodos no destructivos, se han desarrollado gran cantidad de modelos para la estimación de biomasa en pie. Estos se han enfocado principalmente en plantaciones forestales o bosques primarios, cuyas especies poseen alto valor comercial, y una alta concentración de biomasa, dónde según MacDicken (1997), de la totalidad de biomasa, el 50 % representa carbono.

En contraste, la cantidad de estudios para el cálculo de biomasa de bosque secundario es menor, a pesar de que los bosques secundarios representan un importante reservorio de carbono (van Breugel, 2011). Si bien los bosques secundarios no tienen gran cantidad de carbono almacenado como los bosques primarios, las especies pioneras presentan una capacidad fotosintética mayor que la de los bosques maduros (Stephens & Waggoner, 1970).

Dado el alto potencial de fijación de carbono que poseen los bosques secundarios, éstos podrían beneficiarse de la iniciativa REDD+ y otros mecanismos de reducción de emisiones, los cuales busca evitar la deforestación, impedir la degradación de los bosques, permitir la regeneración de los bosques y mejorar la calidad de vida de las comunidades dependientes de estos. Áreas como la Sierra de las Minas en Guatemala, presentan alto potencial de incorporarse a dichos proyectos, en donde

las condiciones edáficas, topográficas y climáticas la hacen propensa a deslaves, los cuales son rápidamente invadidos por bosque secundario. Además de la presión constante que ejercen las más de 80,000 personas que viven dentro de la Sierra (Fundación Defensores de la Naturaleza 2010) la exponen al avance de la frontera agrícola, incendios, entre otros, lo que de una u otra forma propicia la ocurrencia de los bosques secundarios.

Debido a todo lo anterior, el estudio se enfocó en la generación de modelos alométricos para las especies subarbóreas <10 cm de diámetro a la altura del pecho específicamente en aquellas en donde se acumule la mayor cantidad de biomasa, cuya selección se basó principalmente en el Valor de Importancia de Cottam.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Marco conceptual

A. Ciclo de carbono

El papel del dióxido de carbono (CO_2) como gas de efecto invernadero ha aumentado el interés y el esfuerzo de los científicos por comprender y cuantificar el intercambio de este elemento asociado a su ciclo (Duarte, *et al.* 2006).

Parte importante del ciclo del carbono son los organismos fotosintéticos que transforman el carbono atmosférico en carbono orgánico, el cual es el componente básico de sus estructuras. Así, cuando éstos mueren, sus restos en descomposición reincorporan el carbono nuevamente al ciclo (Duarte *et al.* 2006).

El ciclo global del carbono consta de tres reservorios: atmósfera, el océano y la superficie terrestre. La

Figura 12 muestra las reservas naturales, así como los flujos a través de las mismas, dónde los flujos son representados mediante flechas y los reservorios de carbono

con cajas en PgC/año¹ y PgC respectivamente; las flechas rojas representan las alteraciones de los flujos y reservorios por la actividad humana, mientras que las negras representan el ciclo natural. Los océanos son el principal depósito de CO₂, almacenando alrededor de 38,000 Pg, conteniendo aproximadamente 20 veces más que la superficie terrestre 2,300 Pg, y casi 50 veces más que la atmósfera con 590 Pg de CO₂ (Sarmiento 2002).

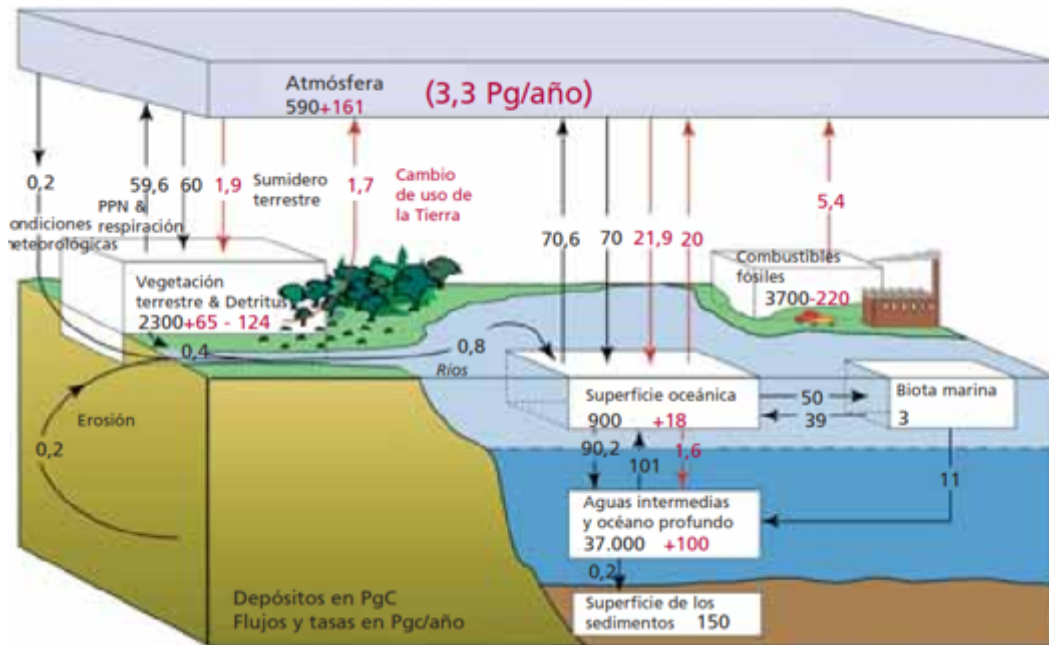


Figura 12. Flujos y reservorios de carbono.

Fuente: Sarmiento, 2002.

El dióxido de carbono es el gas más importante del efecto invernadero, que con el pasar de los años, ha ido incrementando su concentración debido a la gran diversidad de actividades humanas dependientes directa e indirectamente de los combustibles fósiles. Algunos investigadores señalan que la deforestación y el cambio de uso de los suelos también son una fuente significativa de CO₂ atmosférico (Brown 1989, Zevallos 2009). Entre 1970 y 2004 las emisiones anuales de este gas han aumentado aproximadamente un 80 %, pasando de 21 gigatoneladas (Gt) a 80

¹ PgC = Petagramo de Carbono equivale a 1,000,000,000 toneladas de Carbono.

Gt, representando en 2004 cerca del 77 % de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (IPCC 2007).

2.2.2 El efecto invernadero

Nuestro planeta está rodeado por una delgada capa de gases denominada atmósfera, compuesta por nitrógeno (78.3 %), oxígeno (21.0 %), argón (0.3 %), dióxido de carbono (0.03%) y otros gases en cantidades menores como helio, neón y xenón (Salati 1990). Estos gases permiten que parte de energía solar que entra a la tierra sea retenida en la misma y la otra parte sea reflejada al espacio exterior en forma de rayos infrarrojos. Cuando la concentración de estos gases aumenta, la cantidad de energía liberada al espacio disminuye, por lo que el calor atrapado en la atmósfera aumenta, provocando un aumento de temperatura (Ordóñez Díaz 1999).

El desbalance en cuanto al porcentaje de estos gases en la atmosfera, especialmente del carbono, es uno de los temas ambientales de importancia global en la actualidad, debido a su potencial efecto en el clima, especialmente sobre la temperatura (Brown 1989).

Al aumento de la temperatura se le conoce como calentamiento global, y se ha estimado que durante el siglo XX la temperatura media terrestre aumento entre 0.3 °C y 0.6°C, de no reducir el nivel actual de emisiones de gases de efecto invernadero, se espera que para 2100 la temperatura media ascienda entre 1 °C y 6 °C, mucho mayor que el incremento del siglo pasado (IPCC, 2001). Se sabe que para los dos próximos decenios ocurra un calentamiento aproximado de 0.2 °C por decenio, aun cuando las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles se mantuvieran a los mismos niveles de los del año 2000, cabría de esperar un calentamiento de 0.1 °C por decenio. A partir de esa fecha, las

proyecciones de temperatura dependen cada vez mas de los escenarios de emisiones (IPCC 2007).

El aumento de las temperaturas afecta la precipitación pluvial, propicia el derretimiento de los polos, altera los ciclos de las cosechas, aumenta el radio de acción de las plagas lo cual contribuye a la propagación de enfermedades, entre otros efectos negativos (IPCC 1995).

2.2.3 Los bosques y el ciclo del carbono

Las plantas utilizan CO₂ y liberan oxígeno (O₂) durante la fotosíntesis. Para el caso de los bosques, la mayoría de las plantas almacena los fotoasimilados en componentes de carbono en estructuras leñosas, lo cual permite almacenar el carbono por largos periodos de tiempo por lo que se les puede considerar como reservorios de carbono (Etchevers Barra, Vargas Hernandez, *et al.*, 2002).

A la fotosíntesis también se le conoce como producción primaria, debido a que es la base de la cadena trófica y es el punto de partida para el estudio del metabolismo de comunidades. De la producción primaria en los ecosistemas, pueden derivarse dos términos:

- a) **Producción Primaria Bruta:** que es la cantidad de materia orgánica producida por los organismos con capacidad de hacer fotosíntesis en un ecosistema.
- b) **Producción Primaria Neta:** es la producción primaria bruta menos la cantidad de biomasa perdida por los productores por medio de la respiración (Brower, Zar, *et al.*, 1990).

2.2.4 Bosques Primarios

Un ecosistema caracterizado por la abundancia de árboles maduros, relativamente no afectados por actividades humanas. Los impactos humanos en estas áreas forestales han sido normalmente limitados a niveles bajos de caza artesanal, pesca y cosecha de productos forestales y, en algunos casos, a niveles bajos de densidad, de agricultura migratoria con periodos de descanso prolongados. Tales ecosistemas son llamados "maduros", "viejos", o "bosques vírgenes" (Forest Stewardship Council 1996).

2.2.5 Bosques secundarios

Los ecosistemas que se regeneran luego de disturbios sustanciales (inundaciones, fuegos, cambios en el uso del suelo o extracciones de madera extensivas e intensivas, deslaves), caracterizados por la escasez de árboles maduros y por la abundancia de especies pioneras, al igual que por rebrotes densos y plantas herbáceas. Aunque los bosques secundarios generalmente llegan a su punto máximo de acumulación de biomasa dentro de un ciclo de aprovechamiento, la transición hacia un bosque primario usualmente requiere de varias rotaciones de distintas duraciones, dependiendo de la severidad del disturbio original. La transformación irreversible de los suelos subyacentes y del ciclo de nutrientes ocasionados por el uso crónico o intenso pueden hacer imposible el retorno al bosque primario original (Forest Stewardship Council 1996).

Si no hay disturbios como pastoreos, caídas de árboles, ni incendios frecuentes; la vegetación secundaria es invadida por especies típicas de bosques primarios. En contraste, cuando dichos disturbios son recurrentes se establece una sucesión "desviada" (retrogresiva), lo cual puede derivar en clímax bióticos, dominados por pastos, helechos o árboles tolerantes a incendios. Estos cambios no son

irreversibles y si la vegetación es protegida de incendios y otros disturbios, el bosque puede restablecerse por sí mismo (Richards1997).

Los bosques secundarios del Neotrópico son importantes como fuente de madera, como proveedores de servicios ambientales, protegen, por ejemplo, contra la erosión y tienen una tasa neta de fijación de carbono atmosférico muy alta (Stephens & Waggoner 1970) como modelos para efectuar prácticas de rehabilitación en áreas degradadas (Lugo 1992) como refugios de biodiversidad y como fuente de plantas de utilidad comercial y medicinal (Toledo *et al.* 1995).

Dado que la industrialización y la urbanización tienen a estimular el abandono de las actividades agrícolas (Thomlinson *et al.* 1996) se prevé en este siglo se incrementará el área cubierta por bosques secundarios. El rápido crecimiento que caracteriza a estos bosques, sumado a la presión que actualmente sufren los bosques primarios, especialmente en el Neotrópico, les confiere, a los bosques secundarios, un gran potencial en cuanto al manejo (Guariguata & Kattan, 2002).

2.2.6 Biomasa vegetal

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un período determinado, expresado en peso de materia seca (toneladas) por unidad de área (Brown 1997). La biomasa de la vegetación leñosa es un sumidero² importante de CO₂ y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la deposición de la materia orgánica (FAO 1995, citado por Baldoceda 2001).

La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma directa consiste en el apeo y pesado del árbol para determinar su peso seco.

² Denota cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera (Alba 2004).

Alternativamente, el método indirecto implica el uso de variables de fácil medición como diámetros del tronco, altura total, longitud de copa viva, relaciones de la copa viva con la altura total, y ancho de copa para estimar biomasa a través de modelos desarrollados previamente (Brown 1997, Murray y Jacobson 1982).

2.2.7 Medición de biomasa

A. Método Directo

La cosecha o la corta es probablemente el método directo más común para estimar la producción de biomasa herbácea. Una parcela de dimensiones conocidas es ubicada sobre un área determinada. La biomasa de la vegetación es entonces cosechada en las 3 dimensiones del volumen de un cuadrante (alto x ancho x largo) y luego es pesada para cada especie (Bonham 1989).

B. Método Indirecto

Las mediciones de la biomasa vegetal por las técnicas de cosecha tienen algunas limitaciones. Por ejemplo, algunos estudios ecológicos justifican mediciones repetidas, dentro de la misma temporada de crecimiento, o establecer permanentemente unidades de muestreo, y esto no es posible con el método directo de cosecha. Por lo tanto, métodos indirectos son útiles desde que éstos eliminan o reducen la corta y pueden ser usados para obtener una medida de biomasa. Éstos métodos usan una proporción o estimadores de regresión en el que ciertas características de la vegetación de fácil medición son correlacionadas con la producción de biomasa. Características de la vegetación tales como el largo de la hoja, el largo del tallo, número de tallos, diámetro de la copa, diámetro basal, altura total y cobertura de la copa, todos tienen un grado de correlación con la biomasa (Bonham 1989, Murray and Quinn Jacobson 1982).

a) Biomasa herbácea

La mejor y probablemente el método más comúnmente utilizado para la medición de la producción herbácea es cortar o cosechar el total de biomasa en pie. Excepto para parcelas experimentales pequeñas, la total cosecha de la vegetación en áreas grandes no es viable ni posible. Por lo tanto, varias técnicas de muestreo y metodologías han sido desarrolladas para obtener estimaciones de la biomasa herbácea (Bonham 1989).

Existe una variedad de implementos y métodos para cosechar la producción herbácea; por ejemplo, tijeras de ovejas, tijeras de césped, hoces, cortadoras eléctricas máquinas segadoras y tijeras eléctricas. La elección depende ampliamente del tamaño de la parcela, la topografía, y las características de crecimiento de las plantas (Bonham 1989).

b) Biomasa de arbustos

Los arbustos constituyen una parte importante de muchos ecosistemas y proveen forraje, no solo para animales salvajes sino también para varias categorías de ganado (Bonham 1989).

Una evaluación importante de la biomasa arbustiva también es importante para una evaluación de la productividad de un ecosistema, ciclos de nutrientes y energía. La estimación de la biomasa arbustiva es también necesaria para describir la cantidad de combustible para leña, y una estimación de la inflamabilidad. Similar a la medición de la producción herbácea, muchas técnicas pueden ser usadas para la medición de arbustos. Todas están basadas sobre uno de tres procedimientos estándares: método de cosecha directa, estimación de peso indirecto, o una combinación de cosecha y estimación (Bonham 1989).

c) Biomasa del Bosque

La obtención de la estimación de la biomasa de los bosques a partir de medidas correlacionadas de tallo y dosel sigue un procedimiento similar al utilizado para los arbustos. La mayoría de los procedimientos usan modelos estadísticos basados en técnicas de regresión, dichos modelos son simples, y los más comúnmente utilizados son:

$$\text{Potencial: } y = ax^b$$

$$\text{Exponencial: } y = ae^{bx}$$

$$\text{Cuadrático: } y = a + bx + cx^2$$

Donde y es el componente de biomasa a ser estimado; x es el diámetro y a , b , y c son coeficientes de regresión. Cabe mencionar que estos modelos solo incluyen una variable independiente, dado que algunos autores consideran más que suficiente el diámetro para generar predicciones precisas de biomasa (Tritton y Hornbeck 1982, Fonseca *et al.* 2009, Segura y Kanninen 2005).

Lo preferible es desarrollar modelos para especies individuales, cuyos datos pueden ser combinados de diferentes áreas de vegetación en la misma localidad para desarrollar modelos específicos (Bonham, 1989). También se han desarrollado modelos multiespecies, las cuales son muy útiles cuando se desea calcular biomasa en ecosistemas muy complejos con alta cantidad de especies por unidad de área (Chave *et al.* 2005). Si bien, los modelos multiespecies presentan un rango de aplicabilidad mayor, hay que tener cautela al momento de utilizarlas, ya que su aplicación en árboles con parámetros biométricos muy diferentes respecto a los individuos que se utilizaron para crear el modelo, puede conducir a grandes errores (MacDicken 1997, Nelson 1999).

2.2.8 Alometría

Según Gayon (2000), el concepto fue acuñado por Julian Huxley y Georges Teisser (1936), el cual que designa a los cambios en las dimensiones relativas de las partes del cuerpo que están correlacionadas con el cambio en el tamaño global. Ellos también definieron la simbología a utilizar en el modelo de crecimiento alométrico $y = bx^a$ (Gayon 2000). En base a este concepto se puede decir que un modelo alométrico es una regresión matemática entre una variable de tamaño x (diámetro, altura total, longitud total de la copa y/o ancho de la copa) medida en campo y el peso seco obtenido a partir de un muestreo destructivo de una especie representativa del sitio y los resultados del análisis de humedad en laboratorio que corresponde a y (Castellanos *et al.* 2010). Este modelo, según Huxley, también puede ser expresado como una ecuación logarítmica donde: $\log Y = \log b + a \log X$, donde b es el intercepto de la curva sobre el eje de la ordenada, y donde a es la pendiente de la curva, también conocida como coeficiente alométrico (Shingleton 2010).

2.2.9 Estudios previos

Existe diversidad de estudios encaminados a la generación de modelos alométricos, en donde podemos citar los trabajos de van Breugel *et al.* en 2011, en donde generaron 26 modelos alométricos para especies individuales en Panamá; Fonseca, Alice & Rey en 2009 elaboraron modelos para bosque secundario utilizando distintas variables dasométricas para bosque secundario en bosques del Caribe Costarricense; Smith y Brand realizaron una compilación de 98 ecuaciones alométricas para biomasa de árboles, arbustos y árboles pequeños; Kenzo *et al.* en 2009 desarrollo modelos para estimar biomasa aérea y subterránea en bosques tropicales secundarios en Malasia; Ketterings *et al.* en 2001, desarrollaron distintos modelos alométricos, entre los que se incluye un modelo para bosques secundarios

en Indonesia; Ducey et al. en 2009 también desarrollo modelos para bosques secundarios en el este de las Amazonas.

En bosque primario y plantaciones existen investigaciones: Sandra Brown ha desarrollado modelos alométricos a partir de los datos de inventarios forestales de diversos sitios. Chave et al. en 2005 desarrolló modelos para predecir biomasa aérea en bosque seco, mangle, bosque húmedo y bosque muy húmedo, utilizando variables como la densidad de la madera y la altura.

A nivel nacional se han realizado algunos estudios que relacionan el concepto de alometría, y que no necesariamente toman en cuenta la biomasa total de los individuos. Ruano (1998) trató de determinar relaciones alométricas entre algunas variables en cuatro especies de coníferas, dichas variables fueron: DAP, altura total, área de copa, producción de estróbilos y peso de semilla seca. De todas estas variables el autor encontró que la relación peso de estróbilos/peso de semillas es la única que resultó constante en las cuatro especies.

Bajo la misma línea de estudio Prado (2000) realizó un estudio similar sobre las mismas cuatro especies de coníferas, aunque con algunas variaciones en cuanto a la procedencia. Prado profundizó un poco más en el concepto de alometría, realizando gráficas y comparando distintos modelos, pero dada la naturaleza de la variable *producción de semillas* no pudo encontrar una relación que fuera constante entre las variables y las especies.

Más apegado a la generación de modelos de biomasa se encontró a Quintana Roca (1999), quien elaboró tablas de volumen para Aliso (*Alnus jurullensis* ssp. *Jurullensis* Furlow) en el departamento de Chimaltenango, dónde logró evaluar un total de 34 modelos usando como variables independientes el DAP y la altura total, y como variable dependiente el volumen total de cada árbol, como resultado Quintana generó tablas de volumen de doble entrada para el cálculo de volumen, el cual es

fácilmente transformable a biomasa, ya sea con la de densidad de la madera o mediante el factor de 0.5 recomendado por MacDicken (1997).

Aguilar (2001) desarrolló modelo para el cálculo de biomasa aérea en Petén, Guatemala. Abordó un total de 17 especies latifoliadas de interés comercial ubicadas en una zona de aprovechamiento anual, dividiendo la vegetación en 3 categorías: fustales, latizales y brinzales, divididos en función del DAP y la altura total de los individuos. Como resultado logró generar 18 modelos para fustales, 24 para latizales y 2 para brinzales, todos con coeficientes de determinación R^2 superiores a 0.9.

Córdova (2002) generó modelos para el cálculo de biomasa para tres especies de pino en bosques naturales de Guatemala, mediante muestreos selectivos destructivos, recolectó datos de 60 árboles cuyos diámetros a la altura del pecho fueron desde 5 cm hasta arriba de los 45 cm. Como resultado, la autora desarrolló 4 modelos exponenciales para el cálculo de biomasa, un modelo para cada especie de pino y un modelo general a partir de los datos de las tres especies.

Lee (2002) generó modelos para el cálculo de biomasa para tres especies de latifoliadas en bosques naturales de Guatemala. A partir de muestreos destructivos de 60 individuos (20 por cada especie), logró crear 4 modelos exponenciales para la cuantificación de biomasa, 3 específicos y 1 modelo general para latifoliadas. Las dimensiones de los individuos cosechados van desde 1 cm hasta 75 cm de DAP, distribuidos en 5 clases diamétricas con 4 árboles cosechados por clase.

De los pocos estudios relacionados con biomasa y carbono realizados en Guatemala, ninguno se ha centrado en bosques secundarios, como lo demuestra la literatura, los esfuerzos se han centrado en especies de alto interés comercial, tanto en plantaciones como bosques naturales bajo manejo, y si bien en algunos estudios han sido incluidos diámetros menores, éstos no han sido la parte central de los estudios. Hay que señalar, que los estudios que presentaron cálculos de cantidad

de carbono fijado por unidad de área no funcionan como comparadores, debido a la naturaleza de la vegetación evaluada en el presente estudio.

El Cuadro 1 muestra un resumen de los modelos predeterminados para cálculo de biomasa total (Bt) en bosques secundarios, a partir de variables como diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (h), área basal (BA) y diámetro a la altura de la base (DA₀).

Cuadro 1. Modelos alométricos predeterminados para cálculo de biomasa total aérea en otras regiones.

Fuente: elaboración propia, 2014.

Modelo	Unidades (Bt)	Unidades (DAP)	Unidades (h)	R ² ajustado (%)	n	Edad (años)	No. Especies	Clase Diametral (cm)	Autor
$\text{Log}(Bt) = -1.80246 + 2.28927 * \ln(DAP)$	Kg/árbol	cm	n/a	95.68	147	3-20	35	2.5-29.9	(Fonseca <i>et al.</i> 2009)
$\ln(Bt) = -1.9968 + 2.4128 * \ln(DAP)$	Kg/árbol	cm	n/a	98.4	132	<20	7	0-29.9	(Nelson 1999)
$\ln(Bt) = -2.5202 + 2.1400 * \ln(DAP) + 0.4644 * \ln(H)$	Kg/árbol	cm	m	98.6					
$\ln(Bt) = -1.863 + 2.208 * \ln(DAP)$	Kg/árbol	cm	n/a	96.7	244	1-25	26	≥5	(van Breugel <i>et al.</i> 2011)
$Bt = 0.066(DAP)^{2.59}$	Kg/árbol	cm	n/a		29	<20	14	7.6-48.1	(Ketterings <i>et al.</i> 2001)
$Bt = 387.8(BA * H)^{0.8916}$	Kg/árbol	no se usa DAP sino Área Basal en m ²	m	92	82	15	21	1-22	(Ducey <i>et al.</i> 2009)
$Bt = 0.2237(DAP)^{2.260}$	Kg/árbol	cm	n/a	97					
$Bt = 0.0985(DAP)^{1.879} * H^{0.7355}$	Kg/árbol	cm	m	94					
$Bt = 569.4(BA * H)$	Kg/árbol	no se usa DAP sino Área Basal en m ²	m	92					
$Bt = 0.0829(DAP)^{2.43}$	Kg/árbol	cm	n/a	96	107	4-20	23	0.2-31.8	(Kenzo <i>et al.</i> 2009)
$BT = 0.0378(DA_0)^{2.63}$	Kg/árbol	cm	n/a	99	135				

2.2.10 Sucesión vegetal

Proceso de revegetación natural de áreas perturbadas en forma natural o por acciones antropogénicas (deforestación, incendios forestales, etc.), que pasa por diferentes estadios sucesionales (también llamada etapa *seral*) en búsqueda de encontrar su equilibrio al transformarse con el tiempo nuevamente en bosques

primarios. Éstos pueden ser ecosistemas similares al original o bien conformar otro nuevo ecosistema, dependiendo de variables como dispersión de semilla, cambio en la composición física y química del suelo, fauna silvestre y actividades humanas (Zevallos 2009).

Un sere, es la secuencia de comunidades que se desarrollan por sus procesos de sucesión ecológica. La sucesión vegetal se puede clasificar en dos tipos, sucesión primaria: aquella que empieza del sustrato estéril, tal es el caso de los deslaves; y sucesión secundaria, que inicia en un sustrato que previamente había soportado vida. Dado que, en el último caso, el sustrato ya está bien desarrollado, la sucesión secundaria usualmente es mucho más rápida que la sucesión secundaria (Brower, J. Zar, J. von Ende, C., 1990), donde los guatales o guamiles son un claro ejemplo

A la comunidad final o estable en una serie de desarrollo se le conoce como *comunidad clímax*. Ésta se perpetúa a sí misma y está en equilibrio con el hábitat físico. En esta etapa se supone que no se produce, contrastando con las comunidades en desarrollo, acumulación neta alguna de materia orgánica (Odum, E. 1984).

2.2.11 Comunidad vegetal

Es el conjunto de poblaciones que viene en un área o en un hábitat físico determinado; es una unidad laxamente organizada hasta el punto que posee características complementarias de las de sus componentes individuales y de poblaciones y funciona como unidad mediante transformaciones metabólicas acopladas.

A fin de determinar la importancia ecológica de cada especie, dentro de la comunidad vegetal, se puede hacer uso del índice de importancia de Cottam, que no es más que la suma de la frecuencia relativa (la probabilidad de encontrar uno o

más individuos en una muestra en particular); la densidad relativa (el número de individuos en un área determinada); y el área basal (superficie de la sección transversal del tallo o tronco del individuo o determinada a la altura del suelo). Éste índice revela la importancia ecológica relativa de cada especie y en cada muestra, mejor que cualquiera de sus componentes individuales (Cottam y Curtis 1956).

El valor máximo del índice de importancia es de 300, dónde el efecto de sumar las tres variables se traduce en un incremento de las diferencias de una especie entre muestras cuya composición florística es semejante (Matteuci, A. Colma 1982).

2.2.12 Área mínima de muestreo

Definida como el área más pequeña donde la composición de las especies de una comunidad vegetal es adecuadamente representada (Mueller *et al.* 1974).

A. La técnica de parcelas anidadas

El área mínima únicamente se puede encontrar si el área es relativamente homogénea y no fragmentada³. El área mínima se determinada mediante la delimitación de un área pequeña que queda a criterio del investigador, por ejemplo, 0.5 m x 0.5 m (0.25 m²) donde se registran todas las especies que aparezcan dentro de esta área pequeña. Entonces el área de muestreo se agranda a dos veces el tamaño inicial, luego 4 y 8 veces el tamaño. Se anotan el número de especies adicionales, dividida para cada área agrandada. El área se sigue agrandando hasta que el número de nuevas especies sean muy pocas (Mueller *et al.* 1974).

³ Una comunidad puede ser llamada fragmentaria si esta tiene escasez de especies que están usualmente presentes en el ensamblaje recurrente de plantas.

B. El método de relevé

El número de especies determinado en la técnica de las parcelas anidadas se grafica sobre el área muestreada. Esto resulta en una curva de especies/área. El área mínima es el área el cual alberga el 95 % del máximo número de especies encontrado en la unidad de muestreo más grande de la parcela anidada (Mueller *et al.* 1974). Para un mejor entendimiento de la metodología ver el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** De forma general, la parcela de relevé se considera suficientemente grande cuando al doblar el área de muestreo el incremento en el número de especies nuevas registradas es menor al 10 %.

2.2.13 Densidad

La densidad se define como el número de individuos en una unidad de área dada o el recíproco del área media de espacio por unidad de área. La densidad es generalmente considerada como una característica de la vegetación fácilmente obtenible y fácilmente entendible; cuya utilidad se basa frecuentemente en describir las características de una comunidad vegetal (Bonham 1989).

C. Mediciones Relacionadas

- a) **Cobertura:** es el porcentaje de la superficie terrestre cubierta por material vegetal. Existen otras definiciones, y éstas dependen del ecologista, ya que la definición de cobertura, en amplio grado, depende de los objetivos de medición. La cobertura se puede expresar como una fracción, porcentaje o una cantidad de cobertura sobre una base de escalas. La cobertura es una de las medidas comúnmente utilizadas en el muestreo de vegetación. Una de las mayores ventajas de la cobertura como una medida cuantitativa es

que formas de vida de plantas diferentes pueden ser todas evaluadas en términos comparables (Bonham 1989).

- b) **Frecuencia:** se define como la relación entre el número de unidades de muestreo en las cuales las especies están presentes y el total de número de unidades muestreadas (Bonham 1989).

- c) **Abundancia:** este concepto tiene significado cuantitativo y cualitativo. Abundancia se refiere a un rango estimado arbitrariamente en valores numéricos la cual expresa la falta de llenura o escases de una especie. Estos rangos son usualmente expresados asignando a las especies en clases de abundancia. Braun-Blanquet (1932) enumeró 5 clases de abundancia: 1) muy escaso, 2) escaso, 3) no numeroso, 4) numeroso, y 5) muy numeroso.

Una definición cuantitativa de abundancia hace referencia al número promedio de individuos de una especie por unidad de área por parcelas que contienen a las especies (Bonham 1989).

2.2.14 Deslaves

Término usado para describir todos los tipos de fallas en las pendientes gravitacionales: deslizamientos de rotación y traslación, flujos de tierra de lento movimiento, flujos de movimiento rápido compuestos de lodo, grava y restos orgánicos que a veces se movilizan por los deslizamientos. (Bucknam *et al.*. 2001).

Estos eventos generalmente son considerados como raros y catastróficos, especialmente cuando afectan las actividades humanas, pero su ocurrencia en laderas forestales es relativamente común, debido a factores edáficos y climáticos (Guariguata, 1990).

Cabe mencionar, que estos eventos contribuyen a la alteración de la cobertura vegetal en grandes extensiones de terreno, removiendo grandes cantidades de biomasa y tierra, los cuales propician la aparición de especies colonizadoras tempranas que pueden alterar el establecimiento de las especies que dominarán las etapas más tardías de la sucesión (Guariguata & Kattan, 2002).

2.3 Marco referencial

2.3.1 Ubicación geográfica

El área de estudio es la subcuenca del río Santiago, perteneciente a la cuenca del río Motagua. El río Santiago está ubicado en el municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa (Figura 13).

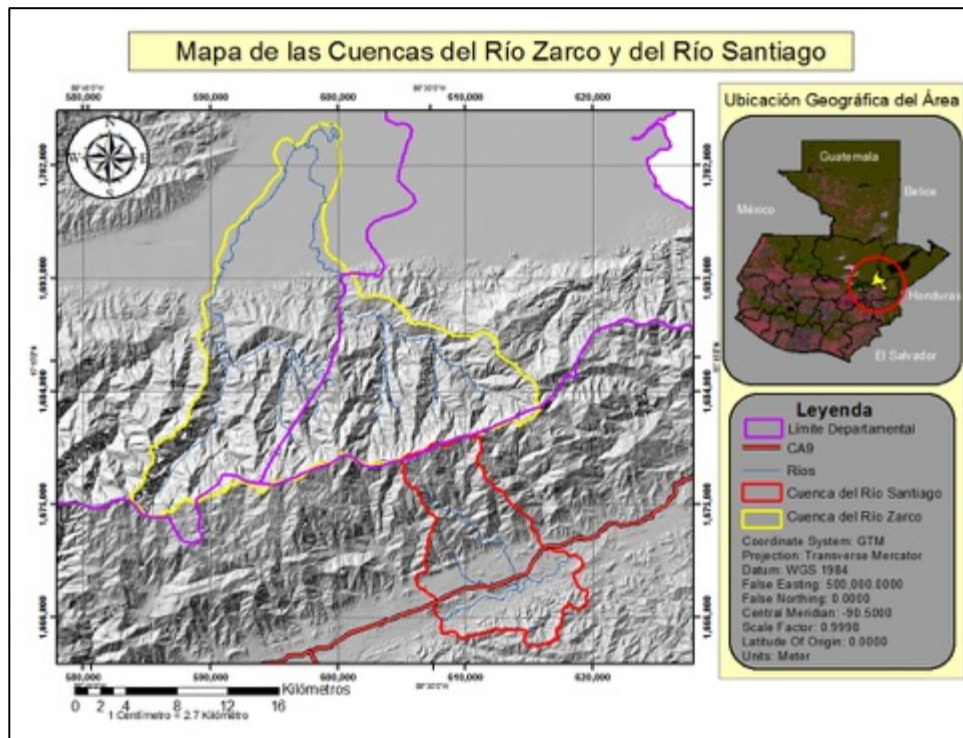


Figura 13. Ubicación geográfica de las cuencas de estudio
 Fuente: Elaboración Propia, basados en archivos .shp del MAGA.

2.3.2 Sierra de Las Minas

La Sierra de las Minas es una cadena de montañas con una amplia variedad de elevaciones que van desde 10 hasta 3,010 m s.n.m. lo que ha permitido la formación de diferentes tipos de ecosistemas y bosques, los cuales abarcan desde monte espinoso seco hasta bosque nuboso.

La Sierra de las Minas se destaca como una importante fuente de agua dulce, de ella nacen más de 63 ríos que alimentan los caudales de los ríos Motagua, Polochic y San Jerónimo (FDN, 2010).

La Sierra de las Minas cubre 242,642 ha (2,426 km²) y es una de las Reservas de Biosfera reconocidas por el programa “El Hombre y la Biosfera” (MAB) de las Naciones Unidas y ha estado bajo la coadministración y protección de Fundación Defensores de la Naturaleza desde 1990.

Los recursos de la Sierra de las Minas tienen un gran valor intrínseco como parte del patrimonio natural, pero también son muy valiosos desde el punto de vista socioeconómico. El agua que nace en la Sierra de las Minas tiene una gran importancia económica ya que abastecen el uso doméstico de más de 400,000 personas, uso agroindustrial e hidroeléctrico.

En los bosques de la Sierra de las Minas hay más de 100,000 hectáreas (1,000 km²) de terreno destinadas a producción y manejo agroforestal lo cual representa un enorme potencial económico para la región y el país.

En el área se produce, asimismo, una gran cantidad de alimentos y plantas medicinales. Los paisajes y especies particulares de la Sierra de las Minas poseen un gran potencial para realizar actividades de ecoturismo.

La Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) juega un papel fundamental en la prevención de desastres naturales y en la protección de obras de infraestructura como caminos, puentes, sistemas de riego y de abastecimiento de agua.

Dentro de la RBSM viven unas 180,000 personas asentadas en más de 200 comunidades. La mayor parte de las comunidades pertenecen a personas del grupo étnico Queqchí y en menor cantidad la etnia Pocomchí, quienes desplazan hacia el interior de la Sierra de las Minas. En términos generales, los habitantes de la Sierra de las Minas dependen de prácticas agrícolas (café, cardamomo, granos básicos y frutales), algunos practican la agroforestería y el manejo forestal (FDN, 2012).

Los centros poblados más grandes se encuentran establecidos en los valles de los ríos Motagua y del Polochic, cuyas vías de acceso más importantes son la CA9 y la 7E respectivamente. En dirección de oeste a este, éstas carreteras unen a los centros poblados y agrícolas con Puerto Barrios, la ciudad principal con puerto en el mar Caribe. Ambas carreteras fueron cerradas durante el huracán Mitch, y la CA9 se cerró de nuevo en 1999 debido a un flujo de escombros. Las carreteras secundarias y los caminos rurales que flanquean la sierra son rutas importantes de comunicación entre las comunidades pequeñas y para el transporte de productos agrícolas. Los deslizamientos de tierra ocurridos durante el huracán Mitch cortaron muchas de éstas vías de comunicación (Bucknam *et al.* 2001).

a) **Geología y Relieve:** La Sierra de las Minas es una cadena montañosa ubicada al oriente de la república de Guatemala, extendiéndose en sentido Suroeste a Noreste y atravesando los departamentos de El Progreso, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Zacapa e Izabal. Al extremo Suroeste se encuentra limitada por la Sierra de Chuacús, al Sur por el valle del río Motagua, al Norte por el lago de Izabal y el valle del río Polochic, y al extremo Noreste por la Sierra del Mico. La Sierra

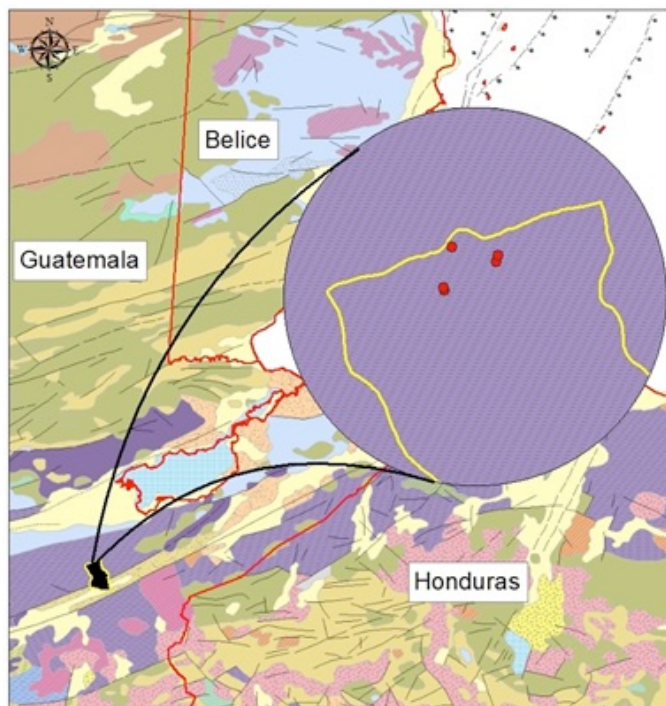


Figura 14. Ubicación geológica del área de muestreo.

Fuente: USGS, 2013.

está rodeada, tanto al Norte como al sur, por dos grandes estructuras de depresión, que corresponden a las fallas de Motagua y del Polochic, está formada en su gran mayoría por rocas del Paleozoico (Figura 14), que son las más antiguas Centro América; éstas incluyen esquistos y gneises del período pre-pensilvano, lo cual ayudó a formar un complejo basamento cristalino y altamente deformado (USGS, 2011; Campbell, 1982). Un amplio cinturón de serpentina se extiende a lo largo del margen noroeste de la Sierra, aunque la extensión de este cinturón en el este no ha sido determinada (Campbell, 1982).

La Sierra de las Minas se encuentra en la región Fisiográfica de Tierras Altas Cristalinas. Las montañas pertenecientes a esta región constituyen el núcleo geológico más antiguo de Centroamérica, formadas por rocas metamórficas y sedimentos del paleozoico, batolitos y graníticos, rocas ultramáficas y, en menor grado por rocas sedimentarias mesozoicas. Serpentinitas, filitas, gneises y

esquistos dominan esta región, apareciendo pequeñas áreas de rocas plutónicas, principalmente granito, que forman una región distinta tanto de los estrados sedimentarios del Norte como las regiones volcánicas al Sur (Herrera, 1997).

2.3.3 Suelos

El área de estudio en la cuenca del río Zarco se caracteriza por presentar una serie Civijá (Ci), según la clasificación de Simmons (Figura 15). Este suelo se caracteriza por ser profundo y bien drenado, desarrollados sobre esquistos en un clima húmedo, en relieves ondulados y fuertemente inclinados; ocupan planicies onduladas o las cimas

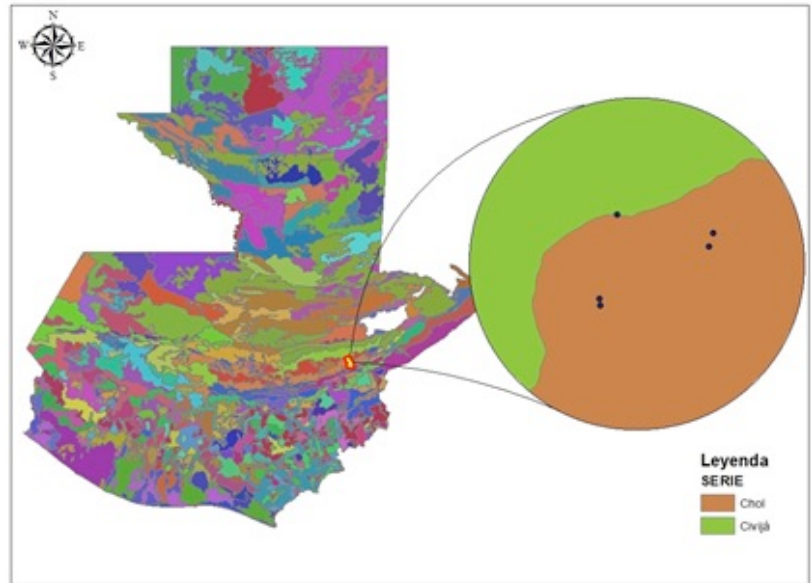


Figura 15. Ubicación de las parcelas de muestreo en función de la serie de suelos según Simmons.
Fuente: archivos .shp MAGA, adaptado de Simmons, 1959.

redondeadas de las colinas, casi toda su área se encuentra a elevaciones de entre 1,500 m s.n.m. y 1,900 m s.n.m., con pendientes comunes de alrededor del 50 %. En contraste, en la parte alta de la cuenca del río Santiago presenta la serie de suelo Chol (Chg), que es un suelo delgado con un drenaje excesivo, pedregoso, originado sobre esquistos en un clima seco a húmedo-seco, y con un relieve muy inclinado (Simmons, 1959).

a) Ecología

La gran variedad de alturas y su localización, permiten la diversificación de las zonas de vida y que eso, a su vez, permite la especiación, lo que da lugar a la gran cantidad de especies de flora y fauna registradas en el área, convirtiendo así a la Reserva en un baluarte importante riqueza natural. Además, en la RBSM se conserva la más amplia extensión de hábitat a nivel mundial para el Quetzal, ave nacional y emblemática de Guatemala.

En total se han reportado más de 885 especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios en el área. Los bosques de la Sierra de las Minas contienen al menos 15 especies de coníferas tropicales que la convierten en un maravilloso banco genético (FDN, 1992).

2.3.4 Zonas de vida

Dentro de la RBSM hay reportadas 8 zonas de vida, contenidas dentro de 52 subcuencas hidrográficas. Dentro de ellas encontramos la subcuenca del río Santiago, con un área total de 9,506 ha, ubicada en las zonas de vida bosque seco subtropical, bosque espinoso subtropical, bosque húmedo subtropical (templado), bosque húmedo subtropical (frío) [bmh-S(f)] y bosque pluvial montano bajo subtropical.

La cuenca del río Zarco tiene un área total de 22,817 ha, se encuentra ubicada en las zonas de vida bosque muy húmedo subtropical (cálido), y en la zona bosque muy húmedo subtropical (frío).

Dentro de la zona de estudio se abarcaron 6 de las 8 diferentes zonas de vida presentes en la Reserva.

Las zonas de vida presentes en cada cuenca están basadas en la clasificación según Holdridge.

- a) Bosque seco subtropical: presenta un relieve plano a ligeramente accidentado, con días claros y soleados durante los meses en que no llueve y parcialmente nublados durante la época de enero a abril. Los suelos planos son de buena calidad y se les puede introducir sistemas de riego, entre los cultivos agrícolas más comunes en esta zona de vida se encuentran la caña de azúcar, el frijol, el ajonjolí, maní, melón, sandía, tomate, yuca y algunas especies perennes como mango, guanaba y marañón.
- b) Bosque espinoso subtropical: presenta un relieve plano a ligeramente accidentado, con días claros durante la mayor parte del año y escasa precipitación anual, que generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre. La vegetación dominante la componen principalmente arbustos y plantas espinosas. Los cultivos apropiados para esta zona de vida son únicamente fitocultivos con regadíos, y entre los cultivos más comunes se encuentran la sandía, melón, tomate, chile (casi solo con riego) y el tabaco. Las especies nativas son muy utilizadas para la elaboración de carbón y leña.
- c) Bosque húmedo subtropical (templado): presenta un relieve ondulado, accidentado y escarpado. El periodo en donde la lluvia es más frecuente es de mayo a noviembre, variando en intensidad según la situación orográfica. Entre las especies arbóreas más comunes encontramos el pino colorado, la lengua de vaca, la hoja de lija y robles. Dadas las características de esta zona de vida el uso apropiado únicamente lo conforma el manejo forestal. Entre los usos más comunes encontrados se encuentran los cultivos de maíz y frijol.
- d) Bosque muy húmedo subtropical (frío): presenta un relieve ondulado y en algunos casos accidentado. El régimen de lluvias como en la zona anterior,

es de mayor duración, lo que influye en la vegetación, la cual está representada naturalmente por especies como el *Pinus pseudostrobus*, *Liquidambar sp.*, aguacatillo y fruto de paloma. El uso apropiado para esta zona son los pastos criollos con ganadería a pequeña escala.

- e) Bosque pluvial montano bajo subtropical: presenta un relieve accidentado. El patrón de lluvias aún es desconocido por no disponerse de suficientes datos. La vegetación natural predominante indicadora de esta zona es el *Podocarpus oleifolius*, *Oreopanax xalapense*, *Hedyosmun mexicanum* y *Gunnera sp.* El uso apropiado de esta zona es exclusivamente para la protección forestal. Estos bosques son el hábitat ideal para el quetzal.

- f) Bosque muy húmedo subtropical cálido: presenta un relieve de plano a accidentado. Los climas presentes pueden ser muy variables debido a la influencia del viento. Es una de las zonas que presenta mayor riqueza en cuanto a su composición florística, encontrándose entre las especies indicadora *Orbignya cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus sp.*, *Virola sp.*, *Cecropia sp.*

2.3.5 Ocurrencia de fenómenos naturales

Debido a la irregularidad en la topografía y los tipos de suelos de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, uno de los fenómenos naturales que más afecta al área protegida, corresponde a deslaves o derrumbes. Esta situación también está relacionada con las fuertes precipitaciones, tales como las ocurridas durante el huracán Mitch en 1998, el cual incomunicó muchas comunidades que habitan dentro de la Sierra. (Bucknam *et al.* 2001)

Asimismo, se tuvieron nuevos eventos como tornados, los cuales se presentaron en la subcuenca Samilhá, específicamente en la comunidad denominada Barrio

Samilhá y San Cristóbal Acasaguastlán, afectando la cobertura boscosa del área (FDN, 2010).

2.3.6 Aspectos legales e institucionales

A. Tenencia de la tierra y de los recursos

La dinámica varía en función del área, dado que, en la parte Norte de la Sierra, la mayoría de las fincas están registradas y son latifundios, donde un buen porcentaje de las fincas no es ocupado por sus dueños. Sin embargo, se estima que el 80 % de las comunidades están asentadas en éstas propiedades, por lo tanto, no cuentan con certeza jurídica y están asentadas en áreas de relieve muy irregular. En base a lo anterior se establece que es una región de alta conflictividad agraria ligada a la tenencia de la tierra. En el lado noroeste existe un mayor número de comunidades con títulos de propiedad de forma colectiva (tierras comunales). En contraste, el lado sur está formado por propiedades privadas en forma de latifundios y minifundios, ocupado por sus dueños y con mayor certeza jurídica, además, existen tierras que son de propiedad municipal, las cuales están ocupadas por agricultores por medio de usufructo y/o venta. (FDN, 2010).

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Generar un modelo alométrico para el cálculo de biomasa a partir de variables dasométricas, para las especies subarbóreas en la cicatriz de deslaves y bosque secundario en la parte húmeda y alta de la cuenca del río Santiago, en la Sierra de las Minas, que sea capaz de predecir los datos con un mínimo del 75 % de exactitud.

2.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las morfoespecies subarbóreas representativas en los bosques secundarios y deslaves ocurridos durante el huracán Mitch en las cuencas bajo estudio.
2. Modelar la relación entre los diámetros a distintas alturas del tronco y altura total con la biomasa de las especies dominantes en bosques secundarios desarrollados en la cicatriz de deslaves formados durante del huracán Mitch.
3. Determinar cuál es el modelo alométrico que mejor se ajuste a las especies seleccionadas.
4. Determinar el contenido promedio de carbono por hectárea para 14 años de sucesión.

2.5 Metodología

2.5.1 Sitios de muestreo

El área de estudio comprendió la parte alta de la subcuenca del río Santiago (cuenca del río Motagua), en los deslizamientos de tierra ocurridos durante el huracán Mitch en 1998 que presentaran la menor evidencia de intervención humana. Dicho sitio está comprendido en el departamento de Zacapa.

Las áreas de posible muestreo se identificaron previamente mediante el uso de sistemas de información geográfica, en base a las capas generadas en estudios previos en la Sierra de las Minas (Restrepo, 2011) y al inventario de deslizamientos realizado por Bucknam (2001).

Una vez identificado los sitios potenciales de toma de muestras, se procedió a realizar una visita de campo con fines de reconocimiento, en donde, con la ayuda de pobladores locales, se verificó el estado de las zonas identificadas previamente, confirmando la edad de los deslaves, indicios de disturbios humanos y la accesibilidad.

2.5.2 Premuestreo

Previo a realizar la toma de datos necesarios para el cálculo de la biomasa y para la generación de los modelos alométricos, fue necesario determinar las morfoespecies⁴ sobre las cuales se generarían los modelos.

Lo ideal era generar modelos específicos para cada especie, pero debido a la gran diversidad de los bosques de la Sierra de Las Minas y a la laboriosidad que ello implica, el modelo generado se centró únicamente en las 9 especies dominantes, determinadas en función del valor de importancia de Cottam. Esto también obedeció a que las especies dominantes son aquellas que consecuentemente presenta la mayor acumulación de biomasa para un sitio dado.

A. Unidades de premuestreo

La unidad de muestreo definida para este estudio fue la parcela, cuyas dimensiones fueron determinadas en función del método del *área mínima de muestreo* (Mueller, D. Ellenberg, H. 1974). Dichas áreas se determinaron para árboles pequeños y arbustos que presenten diámetros a la base menores a 10 cm.

⁴ Concepto de especie basado solamente en las características morfológicas de los individuos, sin considerar ningún otro factor biológico. (Sarmiento 2000)

El propósito de esta metodología fue obtener una unidad muestral en la cual las especies que componen la comunidad estén representadas adecuadamente (Mueller, D. Ellenberg, H. 1974).

El área mínima puede solo ser determinada en una comunidad que es relativamente homogénea y no fragmentada. El área mínima fue determinada inicialmente delimitando un área pequeña, por ejemplo, de 0.5 m x 0.5 m (0.25 m²), donde se registraron todas las especies que aparecieron dentro de ésta área. Entonces el área de muestreo se agrandó al doble del tamaño, luego cuatro y ocho veces el tamaño, etc. Las especies adicionales fueron enlistadas separadamente para cada área agrandada. El área de muestreo se incrementó hasta que las especies agregadas a las listas fueron pocas o no aparecieron nuevas especies.

El número de especies fue graficado sobre el tamaño del área de muestreo. Esto resultó en una curva de especies/área. El área mínima fue el área de muestreo en la cual la pendiente de la curva se volvió casi horizontal (Mueller, D. Ellenberg, H. 1974). Hay que tener en cuenta que la medición se debe de hacer por separado para cada estrado, tanto para el estrato arbustivo, herbáceo y arbóreo, según el objetivo del estudio (Minnesota Department of Natural Resources, 2007).

B. Tipo de premuestreo

Dadas las características topográficas de la Sierra de las Minas, resultaba muy difícil poder realizar un muestreo totalmente al azar, por lo que las unidades de muestreo que formaron parte del estudio fueron aquellas que cumplieron con los criterios logísticos y ambientales citados anteriormente, por lo que el tipo de premuestreo a utilizar fue determinístico, a criterio de experto.

Una vez dentro de los sitios de estudio (deslaves) se procedió a contar el número de individuos de cada morfoespecie y a medir las siguientes variables tanto para

árboles pequeños y arbustos: el diámetro a la base del tronco (DA_0), diámetro a 10 cm de la base del tronco (DA_{10}), diámetro a 15 cm de la base del tronco (DA_{15}), diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del individuo.

2.5.3 Valor de importancia

Con los datos del muestreo se procedió a determinar la densidad relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. La suma de los valores relativos determinó la importancia de cada especie, a partir de los cuales se seleccionaron aquellas 9 que presentaron los valores más altos.

$$V.I. = Dr + Fr + Cr$$

o

$$V.I. = Dr + Fr + ABr$$

Donde:

V.I. = Índice de importancia de Cottam.

Dr = Densidad relativa

Fr = Frecuencia Relativa

Cr = Cobertura relativa (hierbas)

ABr = Area basal relativa (arbustos o árboles pequeños)

2.5.4 Muestreo

Una vez identificadas las especies dominantes, se procedió a realizar el muestreo de las mismas, midiendo las variables de interés para la generación de los modelos alométricos.

A. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra dependió de la cantidad de deslaves del huracán Mitch identificados, cuyo acceso fuera posible y se comprobara que no habían sido afectados por actividad humana desde que el deslave ocurrió.

B. Variables

Las variables colectadas se pudieron dividir en variables dependientes e independientes.

i. Independientes

Fueron aquellas variables que pudieron medirse directamente en el campo, tales como: diámetro a la base del tronco (DA_0), diámetro a 10 cm de la base del tronco (DA_{10}), diámetro a 15 cm de la base del tronco (DA_{15}), diámetro a la altura del pecho (DAP), y altura total de individuo (h). Éstas variables se midieron a todos los individuos, tanto árboles y arbustos.

ii. Dependientes

Estas variables fueron aquellas que no se obtuvieron directamente en el campo, sino del trabajo realizado con las muestras en el laboratorio, pero con la base de un peso verde obtenido *in situ*. Dentro de estas variables se incluyeron la biomasa del tallo principal, la biomasa de las ramas, la biomasa de las ramillas y la biomasa del follaje, todas en kilogramos (kg).

C. Clases diametrales de los individuos

Los individuos que formaron parte de la muestra se encontraron dentro de los diámetros de 1 a 10 cm de DA₀. Dado que es un muestreo destructivo, las secciones en las que se dividió cada individuo se clasificaron en 5 clases diamétricas, distribuidas en los siguientes rangos (cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución diamétrica de las obtenidas de cada individuo

Clase Diametral (cm)	Rango (cm)
<1	0.1-0.99
1-2	1-1.99
2-5	2-4.99
>5	5-10

Fuente: elaboración propia, 2013.

D. Extracción de las submuestras

Los individuos fueron seccionados y sus partes fueron clasificadas en función del Cuadro 2 (Figura 16). Dichas secciones fueron pesadas por separado para cada individuo, los datos se anotaron en la libreta de campo.

Luego de haber medido, clasificado, pesado e identificado todas las muestras obtenidas en campo, se procedió a extraer las submuestras que fueron llevadas al laboratorio para el secado en horno y la determinación de la biomasa.

La submuestra obtenida de cada sección menor de 5 cm fue de alrededor del 3 % del total para cada especie, sacando una submuestra A y una segunda submuestra B. Para las secciones con diámetro mayor a 5 cm, se procedió a obtener una rodaja que representara alrededor de 15 % de total de biomasa de dicha sección. Éstas fueron las muestras a partir del cual se procedió a calcular la biomasa seca.



Figura 16. Procedimiento realizar en la fase de campo para la toma de muestras.
Fuente: (Castellanos *et al.*, 2010)

E. Almacenaje de las submuestras

Las submuestras fueron almacenadas en costales cebolleros, a manera de que iniciaran el proceso de deshidratación inmediatamente después de haberlas cortado y pesado, y reducir así el tiempo que se necesitaba para su secado en el laboratorio. La Figura 17 muestra el proceso de clasificación, pesado y almacenaje de las submuestras en campo, previo al traslado al laboratorio.



Figura 17. Fotografía que muestra la clasificación, pesado y almacenaje de las submuestras para traslado a laboratorio

Fuente: Fotografía propia.

2.5.5 Fase de laboratorio

A. Secado de las submuestras

Posterior a la fase de campo, las muestras se trasladaron a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde fueron colocados en hornos de convección a una temperatura de 60 °C (Castellanos *et al.* 2010), estas temperaturas son inferiores a las recomendadas por otros grupos (Francis 2000, Navar 2009), pero redujo la posibilidad de que las muestras se dañaran durante el proceso de secado (Figura 18).

El proceso de secado requirió que las muestras fueran pesadas día a día a la misma hora, hasta que el peso se tornara constante, lo cual indicó que las muestras habían perdido toda la humedad posible. El tiempo necesario para el secado de las muestras fue distinto entre las especies, secándose primero las muestras menos pesadas, cuyo peso se estabilizó rápidamente.



Figura 18. Fotografía de las muestras de biomasa en horno de convección a 60 °C.

Fuente: Fotografía propia.

El pesado de las muestras se realizó con las mismas balanzas mecánicas utilizadas en campo, a fin de evitar errores. Estos datos de materia seca sirvieron para convertir los datos de peso de la biomasa total en verde a biomasa total seca.

B. Tabulación de los datos

Para esta fase se hizo uso del software estadístico Microsoft Excel[®], en donde en una hoja electrónica se colocaron de manera ordenada todos los datos de campo y de laboratorio correspondiente a cada espécimen medido en campo, donde a partir de los datos de las muestras húmedas se procedió a calcular la biomasa seca para cada individuo de cada especie.

2.5.6 Análisis estadístico

A. Análisis de regresión

Después de haber terminado de tabular los datos obtenidos en campo y en laboratorio, se procedió a generar diversos modelos matemáticos en base a análisis de regresión, tanto lineales como no lineales, para poder predecir la biomasa de las especies evaluadas mediante el uso de distintas variables independientes como: DA_0 , DA_{10} , DA_{15} , DAP y altura. Muchas de las distintas pruebas estadísticas fueron generadas en el software R, tales como la regresión paso a paso (Stepwise) y la validación de los supuestos de la regresión.

Para poder determinar qué modelo se ajusta mejor y que variable(s) influyen en mayor medida en el grado de ajuste del modelo, se utilizarán algunos de los criterios propuestos por Salas (2002) y Segura *et al.* (2008): como el coeficiente de determinación (R^2), el error estándar de la estimación y la suma de cuadrados de los residuos de los predichos.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7 Área mínima de muestreo

Mediante el método del relevé se procedió a realizar parcelas sucesivas, a fin de poder determinar si el área de muestreo utilizada por la literatura para los diámetros menores es consistente a lo encontrado en campo. Los datos presentaron curvas con los siguientes comportamientos (Figura 19).

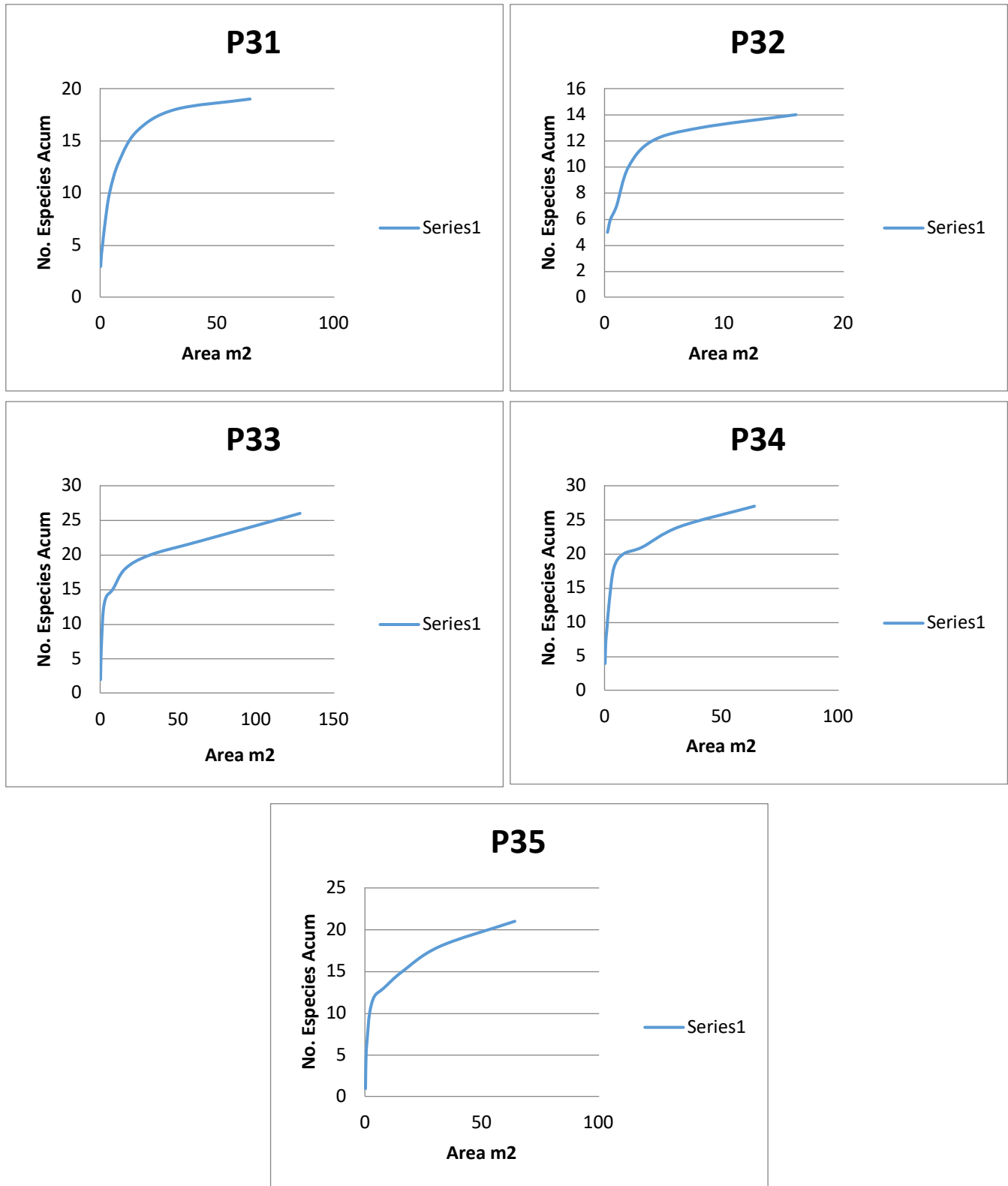


Figura 19. Gráficas de acumulación de especies en deslaves para las cinco parcelas muestreadas.

La figura superior muestra el comportamiento de la vegetación respecto al área, mostrando áreas menores a los 225 m² correspondientes a las parcelas levantadas para muestreo de la vegetación.

2.7.1 Valor de importancia

De la totalidad de especies medidas en los deslaves y en el guatal, se determinó que 9 son las especies que poseen los mayores índices de importancia, a partir de las cuales se obtuvieron las muestras de biomasa mediante muestreos destructivos, (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen de las especies que se utilizaron para generar modelos alométricos.

Especie	Familia	Rango DA ₀ (cm)	Rango Alturas (m)	IVI
<i>Ageratina ligustrina</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Compositae	1.81-9.71	2.09-5.98	12.17
<i>Clethra skutchii</i> Standl. & Steyerem.	Clethraceae	1.75-9.71	2.33-8.29	49.37
<i>Hedyosmum mexicanum</i> C.Cordem.	Chloranthaceae	1.43-9.55	0.9-5.68	8.37
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Altingiaceae	1.59-9.86	2.43-11.57	18.85
<i>Myrica cerifera</i> L.	Myricaceae	1.91-9.07	1.17-5.93	7.90
<i>Parathesis vulgata</i> Lundell	Myrsinaceae	1.75-9.54	2.54-9.64	10.15
<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	Pinaceae	1.91-9.54	1.36-4.05	13.51
<i>Pittoniotis protracta</i> (Bartl. ex DC.) Griseb.	Rubiaceae	1.75-7.48	1.57-7.17	14.03
<i>Saurauia villosa</i> DC.	Actinidiaceae	1.59-9.87	1.34-14.26	63.22

Donde DA₀=Diámetro a la base del tronco; VI= valor de importancia de Cottam.

Como se puede observar en el cuadro anterior, las especies con el mayor VI fueron *Saurauia villosa* DC. y *Clethra skutchii* Standl. & Steyerem. presentando valores de 63.22 y 49.37 respectivamente, ésta última casi triplicando el valor de la especie que le sigue, *Liquidambar styraciflua* L. Esto se puede deber a que las 2 especies aparecieron en todas las parcelas, con bastante densidad y área basal, en

contraste, el *Liquidambar*, apareció únicamente en 3 parcelas, pero mostrando un promedio de área basal de 261.18 cm² por parcela. En el extremo final de la lista se encuentra la *Myrica cerifera* L. con el menor valor de importancia, y a pesar de que se presentó en 3 parcelas, igual que el *L. styraciflua*, la densidad y el área basal para ésta especie es muy baja.

2.7.2 Muestreos destructivos

Debido a la ausencia de individuos en los deslaves, cercanos a la clase diametral DA₀, se decidió que la cosecha de los especímenes sería en sitios externos a los deslizamientos. Para esto se contó con la ayuda y la experiencia de los guías locales, quienes tenían conocimiento de sitios en dónde se podrían encontrar los individuos de cada especie con las dimensiones necesarias, (Figura 20).



Figura 20. Ubicación de los sitios de cosecha.

Las coordenadas geográficas correspondientes a los puntos observados en la Figura 20 se pueden encontrar en el Cuadro 4. El datum de referencia utilizado para la toma de las coordenadas fue WGS84.

Cuadro 4. Coordenadas geográficas de los sitios de cosecha por especie.

Número	Especie	Latitud	Longitud
1	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	15°9'47.288"N	89°28'59.376"W
2	<i>Myrica cerifera</i> L.	15°10'4.019"N	89°29'14.357"W
3	<i>Ageratina ligustrina</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	15°10'21.245"N	89°29'15.61"W
4	<i>Clethra skutchii</i> Standl. & Steyerem.	15°10'54.375"N	89°29'12.592"W
5	<i>Hedyosmum mexicanum</i> C.Cordem.	15°10'9.201"N	89°29'55.131"W
6	<i>Pittoniotis protracta</i> (Bartl. ex DC.) Griseb.	15°10'42.887"N	89°29'52.303"W
7	<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	15°9'26.636"N	89°29'18.538"W
8	<i>Parathesis vulgata</i> Lundell	15°9'26.433"N	89°29'56.095"W
9	<i>Saurauia villosa</i> DC.	15°9'23.294"N	89°29'58.016"W

Como resultado de los muestreos destructivos se obtuvo el peso total húmedo de cada uno de los 10 individuos, seccionado según lo descrito en la metodología (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cantidad de biomasa y contenido de humedad de todos los individuos cosechados por cada especie.

Especie	PSH (g)	PS<1 (g)	PS1-2 (g)	PS2-5 (g)	PS>5 (g)	TBS (g)	TBS (kg)
<i>Ageratina ligustrina</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	1,292.38	5,414.67	5,465.20	14,349.40	8,496.70	35,018.35	35.02
<i>Clethra skutchii</i> Standl. & Steyerem.	1,884.63	2,838.00	2,210.00	10,038.40	15,001.10	31,972.13	31.97
<i>Hedyosmum mexicanum</i> C.Cordem.	3,112.01	1,061.76	2,047.36	4,541.40	7,183.00	17,945.53	17.95
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	2,992.73	6,370.65	5,840.45	12,896.00	14,863.59	42,963.42	42.96
<i>Myrica cerifera</i> L.	3,900.16	6,302.50	2,692.55	9,648.63	5,243.90	27,787.74	27.79
<i>Parathesis vulgata</i> Lundell	1,667.50	3,255.40	3,315.40	16,184.45	10,087.85	34,510.60	34.51
<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	2,604.00	1,426.74	570.60	3,151.80	3,789.60	11,542.74	11.54
<i>Pittoniotis protracta</i> (Bartl. ex DC.) Griseb.	388.98	347.51	897.60	3,113.60	1,196.80	5,944.49	5.94
<i>Saurauia villosa</i> DC.	2,258.82	442.26	3,316.80	8,379.30	12,116.00	26,513.18	26.51

El Cuadro 5 muestra la distribución de la biomasa para cada especie y para cada sección, dónde PSH = peso seco de las hojas; PS<1 = peso seco de las secciones menos a 1 cm; PS1-2 = peso seco de las secciones de 1 a 2 cm; PS2-5 = peso

seco de las secciones de 2 a 5 cm; PS>5 = peso seco de las secciones mayores a 5 cm; TBS = total de biomasa seca. Los resultados colocan al *L. styraciflua* como la especie que posee mayor biomasa, con 42.96 kg distribuidos en 12 individuos, le sigue *A. ligustrina* con 35.02 kg de biomasa seca para 9 individuos cosechados, *P. vulgata* con 34.51 kg de biomasa para 9 individuos, y así sucesivamente; en contraste la especie que presentó la menor biomasa fue *P. protracta* con 5.94 kg de biomasa seca, esta reducción drástica de biomasa se debe principalmente a que únicamente se cosecharon 5 individuos (de los 9 esperados), de los cuales 4 correspondieron a las primeras clases diametrales. Resulta interesante observar los datos de biomasa tanto *P. maximinoi* como para *H. mexicanum*, quienes presentaron valores muy bajos de peso seco, a pesar de que se pudo colectar los 9 individuos esperados.

Como resultado de la determinación de la biomasa se obtuvo el contenido de humedad de las secciones cosechadas de cada especie, así como el contenido de humedad total para cada especie comprendida en la clase diametral bajo estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contenido de humedad por cada sección y total por especie cosechada.

Especie	%Hº Ho	%Hº <1	%Hº 1-2	%Hº 2-5	%Hº >5	%Hº Total
<i>Ageratina ligustrina</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	81.0	49.0	48.0	48.0	48.7	51.4
<i>Clethra skutchii</i> Standl. & Steyerl.	67.0	57.0	60.0	60.0	58.2	59.4
<i>Hedyosmum mexicanum</i> C.Cordem.	81.0	88.0	86.0	80.0	74.0	80.1
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	74.0	61.0	59.0	60.0	55.6	60.2
<i>Myrica cerifera</i> L.	56.0	50.0	51.0	53.0	50.1	52.1
<i>Parathesis vulgata</i> Lundell	71.0	59.0	56.0	53.0	52.8	55.2
<i>Pinus maximinoi</i> H.E.Moore	65.0	57.0	64.0	55.0	50.3	57.2
<i>Pittoniotis protracta</i> (Bartl. ex DC.) Griseb.	82.0	69.0	68.0	65.0	66.0	67.9
<i>Saurauia villosa</i> DC.	82.0	79.0	76.0	69.0	67.4	71.4

Donde %H° = porcentaje de humedad, Ho = hojas, <1 secciones menores a 1 cm de diámetro, 1-2 secciones entre 1 cm y 2 cm de diámetro, 2-4 secciones entre 2 y 5 cm de diámetro y >5 secciones con más de 5 cm de diámetro.

El cuadro superior muestra la distribución de la humedad por sección, así como el contenido total de humedad para cada especie. Como se puede observar, las hojas, para todas las especies (excepto *H. mexicanum*), es la parte de los individuos que presentó el mayor contenido de humedad, lo cual no es de extrañar ya que es ahí donde se lleva a cabo la fotosíntesis y la transpiración. De manera general se puede observar que el contenido de humedad descende conforme las partes de los individuos se van alejando de las zonas meristemáticas (conforme el diámetro de las secciones va aumentando), por lo que la humedad parece concentrarse en las partes “tiernas” de la planta. En promedio se pudo determinar que el contenido de humedad total está alrededor del 57 %, esto sin incluir la humedad de *H. mexicanum* ni *S. villosa*.

2.7.3 Modelos alométricos multiespecie

Se generaron 8 modelos distintos, 4 que incluyen como variables independientes los distintos diámetros y la altura, y 4 modelos que incluyen únicamente los diámetros (Cuadro 7).

Cuadro 7. Modelos alométricos multiespecie para cálculo de biomasa aérea total.

#Mod	Modelo de Regresión	Variables	n	R ² ajust	% Prom Desv	CF
M1	$\ln(B) = -3.891778721 + 1.858041989 \cdot \ln(DA_0) + 0.931331549 \cdot \ln(h)$	DA ₀ , h	80	0.958	4.68	1.051
M2	$\ln(B) = -3.48154362 + 1.831628044 \cdot \ln(DA_{10}) + 0.873203704 \cdot \ln(h)$	DA ₁₀ , h	80	0.939	6.86	1.074
M3	$\ln(B) = -3.382704681 + 1.792726031 \cdot \ln(DA_{15}) + 0.894379858 \cdot \ln(h)$	DA ₁₅ , h	80	0.938	6.93	1.075
M4	$\ln(B) = -2.181091288 + 1.72123191 \cdot \ln(DAP) + 0.502316853 \cdot \ln(h)$	DAP, h	76	0.911	8.01	1.091
M5	$\ln(B) = -3.773398627 + 2.613726309 \cdot \ln(DA_0)$	DA ₀	80	0.911	11.57	1.110
M6	$\ln(B) = -3.272915304 + 2.550187392 \cdot \ln(DA_{10})$	DA ₁₀	80	0.903	12.75	1.120
M7	$\ln(B) = -3.12321432 + 2.517300245 \cdot \ln(DA_{15})$	DA ₁₅	80	0.900	13.19	1.124
M8	$\ln(B) = -1.817426527 + 2.055042247 \cdot \ln(DAP)$	DAP	76	0.902	9.26	1.095

El cuadro superior muestra los 8 distintos modelos generados para el cálculo de la biomasa total (B), que puede estar en función del diámetro a la base (DA₀), diámetro a 10 cm de la base (DA₁₀), diámetro a 15 cm de la base (DA₁₅), diámetro a la altura del pecho (DAP) y/o altura (h). Los estadígrafos calculados para los modelos fueron n = número de individuos sobre los cuales el modelo está basado, R^2 = coeficiente de correlación ajustado, % Prom Desv = porcentaje promedio de desviación, CF = factor de corrección.

Las variables utilizadas fueron únicamente diámetros y alturas, siendo los diámetros mutuamente excluyentes en cada modelo, es decir, se utilizó únicamente un diámetro para cada modelo. Para todos los modelos el tamaño de la muestra fue de 80 individuos, excepto para los modelos que incluyen el DAP ya que hubo 4 individuos que no presentaron dicha variable. Todos los modelos presentaron valores de R^2 ajustado mayores a 0.9 y desviaciones promedio que van desde 4.68 % hasta 13.19 %.

Los datos muestran que el modelo multiespecie M1, que combina las variables DA₀ y h presentó el mejor ajuste, con un R^2 de 0.958, además presentó los estadígrafos con los mejores valores, donde los % Prom desv y el CF son los más bajos (entre más bajos mejor) de todos los modelos. En contraste los modelos que utilizan únicamente una variable presentaron menos ajuste, pero aún siguen siendo

altamente aceptables, de éstos, el modelo M8 que toma en cuenta únicamente el DA_{15} fue el que mostró menor ajuste, con un R^2 ajustado de 0.9, un promedio de desviación de 13.19 % y un CF de 1.124.

Todos los modelos son aceptables en función de la prueba de F, mostrando alta significancia estadística ($F_{\text{crítico}} < 0.05$).

La aplicación del factor de corrección al modelo correspondiente mostró un aumento de entre 7 % y 15 % de la biomasa estimada.

Cabe señalar que todos los modelos determinados resultaron ser altamente significativos, presentado valores de $p < 0.05$.

Para observar en detalle los resultados de las regresiones mostrados por R, ver el .

2.7.4 Modelos alométricos específicos

Se generaron únicamente 2 modelos para cada especie, los cuales consideran el DA_0 y la h (Cuadro 8).

El Cuadro 8 muestra los modelos obtenidos para cada especie, de las 9 seleccionadas para los muestreos destructivos, únicamente para las 8 presentadas en el cuadro superior se generaron modelos específicos, dado que como se mencionó anteriormente, el número de individuos destruidos de *P. protracta* fue muy bajo (solo 5 individuos). El tamaño de la muestra en este caso fue de 9 individuos para todos los modelos, excepto para los modelos de *L. styraciflua* en donde fue de 12 individuos. Los valores de R^2 para todos los modelos fueron altos, todos superiores a 0.96; el porcentaje promedio de desviación fluctuó entre 0.5 % hasta 4.51 %; los CF también resultaron ser menores, teniendo un valor promedio de 1.006 versus 1.092 mostrado por los modelos multiespecíficos.

Cuadro 8. Modelos alométricos específicos para cálculo de biomasa aérea total.

Especie	Modelo de Regresión	Var	n	R ² ajust	% Prom Desv	CF
Ageratina ligustrina (DC.) R.M.King & H.Rob. (Monte Amargo)	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.52756065 + 2.09091544 * \ln(\text{DA}_0) + 0.66341891 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.965	2.35	1.037
	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.23189499 + 2.47001371 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.965	2.68	1.037
Clethra skutchii Standl. & Steyerm. (Manguito)	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.26799565 + 1.39100283 * \ln(\text{DA}_0) + 1.69401953 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.994	0.5	1.008
	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.80857821 + 2.70874177 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.973	2.59	1.033
Hedyosmum mexicanum C.Cordem. (Canilla de Chumpe)	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.60346664 + 2.55062104 * \ln(\text{DA}_0) + 0.38629484 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.992	0.944	1.014
	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.77417429 + 2.9283992 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.992	1.09	1.015
Liquidambar styraciflua L. (Liquidambar)	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.41792505 + 2.26702388 * \ln(\text{DA}_0) + 0.32676635 * \ln(h)$	DA ₀ , h	12	0.977	1.84	1.024
	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.2490833 + 2.52981162 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	12	0.978	2.08	1.022
Myrica cerifera L. (Cebito)	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.8501755 + 2.14096682 * \ln(\text{DA}_0) + 0.56337377 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.966	2.66	1.04
	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.76473372 + 2.65899489 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.967	3	1.039
Parathesis vulgata Lundell (Cebito Blanco)	$\ln(\text{Biomasa}) = -2.72908044 + 2.30288038 * \ln(\text{DA}_0) - 0.07158771 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.99	4.51	1.007
	$\ln(\text{Biomasa}) = -2.78194863 + 2.2526147 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.992	0.5	1.006
Pinus maximinoi H.E.Moore (Pino colorado)	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.73828932 + 1.39868277 * \ln(\text{DA}_0) + 1.30980199 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.973	1.37	1.022
	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.80916697 + 2.18702385 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.962	2.33	1.031
Saurauia villosa DC. (Zapotillo)	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.22374329 + 2.68646607 * \ln(\text{DA}_0) + 0.13461463 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.981	2.033	1.03
	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.25770643 + 2.83458812 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.984	2.063	1.026

2.7.5 Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies provenientes del método de relevé presentaron áreas menores a los 225 m² que se utilizaron para muestrear la vegetación. Esto se debió a que los límites del deslave limitaron la continuidad del método, a excepción de la P33, donde se llegó a un área de 512 m² dado que la forma del deslave lo permitió. Esto indica que el tamaño final utilizado de parcela de 225 m² puede ser aceptable, aunque para esto se necesitan más parcelas en mayor diversidad de deslaves en cuanto a tamaño y forma. Queda claro que para estos ecosistemas los tamaños sugeridos por Castellanos et al. 2010 quedan cortos, ya que ellos únicamente muestrean diámetros menores de 5 cm en una parcela de 4 m². También hay que tomar en consideración que Mueller, et al. (1974) proponen

ejemplos de relevè en áreas de pastizales, que se caracterizan por ser planas y por poseer poca riqueza vegetal. En contraste Richards (1997), encontró en bosques tropicales de Nigeria que la curva de acumulación de especies puede llegar inclusive a abarcar varias hectáreas antes de presentar siquiera signos de estabilización, por lo que la aplicación práctica del método se ve limitada en ciertos ecosistemas. A nivel de este estudio, el método del relevè estuvo limitado por la naturaleza de los deslaves, resultando en áreas muy pequeñas que probablemente hubieran subestimado el número de especies existentes.

La Figura 19 muestra las curvas de acumulación de especies, en donde para las 5 parcelas donde se llevó a cabo el premuestreo, la tendencia evidenció una clara estabilización, que probablemente se hubiera alcanzado en las siguientes mediciones al doblar el área, y que como bien se mencionó, fueron los bordes de los deslaves los que no permitieron continuar con la metodología. A pesar de esto, el área elegida para el presente estudio permitió generar modelos confiables, por lo que además de los autores recientemente mencionados, se agrega una experiencia más respecto al área necesaria para medir el estrato menor a 10 cm de DAP. Hay que agregar que para replicar los resultados, o generar modelos comparables para el mismo estrato vegetal, se recomienda utilizar un área de parcelas de 225 m².

2.7.6 Alometría

En general los datos mostraron un aceptable grado de ajuste, presentando valores de R^2 ajustado que van desde 0.9 hasta 0.958, por lo que, desde el punto de vista del coeficiente de determinación, todos los modelos son aceptables, con una alta capacidad explicativa de biomasa a partir de variables dasométricas. Si bien no existe consenso respecto a cuáles son los valores aceptables del coeficiente de determinación ajustado, y que éstos están más relacionados con la naturaleza de la investigación (Walpole, R. & Myers, R. 2007), han sido muchas las investigaciones que han presentado modelos alométricos con valores de R^2_{ajust} muy variables. Por ejemplo, Ducey, *et al.* (2009) generó modelos para un bosque secundario de 15

años, cuyos valores de R^2_{ajust} oscilaron entre 0.92 y 0.97 para los modelos que consideran *DAP*, *Área Basal* y *altura*. Van Breugel, *et al.* (2011) generó un modelo, en Panamá, para bosques secundario con individuos <25 años de edad, el cual toma en cuenta únicamente el *DAP* y que presentó un R^2_{ajust} 0.967. Gyenge, *et al.* (2009) desarrolló modelos para varias especies leñosas nativas de la Patagonia Argentina, y si bien él no determinó la edad de los individuos, realizó mediciones de especímenes a partir de 3 cm de DA_{15} , generando modelos con valores de R^2_{ajust} que van desde 0.66 hasta >0.9, y de 0.62 hasta >0.9 para los modelos que utilizan *DAP*. Fonseca, *et al.* (2009) desarrolló modelos para bosques secundarios en el Caribe costarricense, utilizando como única variable de respuesta el *DAP*, lo que le proporcionó modelos con valores de R^2_{ajust} entre 0.88 y 0.95. Con estos estudios previos, se puede decir que, según los coeficientes de determinación ajustados, los modelos que se proponen en este estudio se encuentran dentro de un rango aceptable conforme a lo presentando por otros investigadores.

En cuanto a porcentaje promedio de desviación, M1 también fue el modelo con el mejor resultado, con únicamente una desviación de 4.68 %, seguido por el modelo M2. Entre la gran diversidad de trabajos alométricos existentes, pocos son los autores que incluyen datos del porcentaje de desviación promedio que encuentran en sus estudios. Nelson, (1999) presentó valores de 14 % y 20 % en bosques secundarios de la Amazonia; Van Breugel, *et al.* (2011) en Barro Colorado presentó desviaciones de 42 % para el modelo que incluía únicamente el *DAP* y 30 % para el modelo que incluye *DAP* y densidad de la madera; Chave, *et al.*, (2005) presentó desviaciones promedio entre 0.57 % y 6.59 % en 6 modelos para cálculo de biomasa en bosques tropicales del neotrópico, sobre la base del *DAP* y *h*. De estos 3 estudios, únicamente Van Breugel fue el único que presentó valores para los modelos específicos, que oscilaron entre 0.014 % y 0.127 %, donde todos los modelos específicos se basaron únicamente sobre el *DAP*.

Los modelos presentados en los cuadros 7 y 8 están expresados logarítmicamente, producto de la transformación aplicada para facilitar el proceso de cálculo (Walpole,

R. & Myers, R. 2007; Shingleton, 2010), todos los modelos propuestos siguen una tendencia exponencial, ya sea simple para los modelos univariados, o multivariada para los modelos que incluyen dos variables independientes (Figura 21).

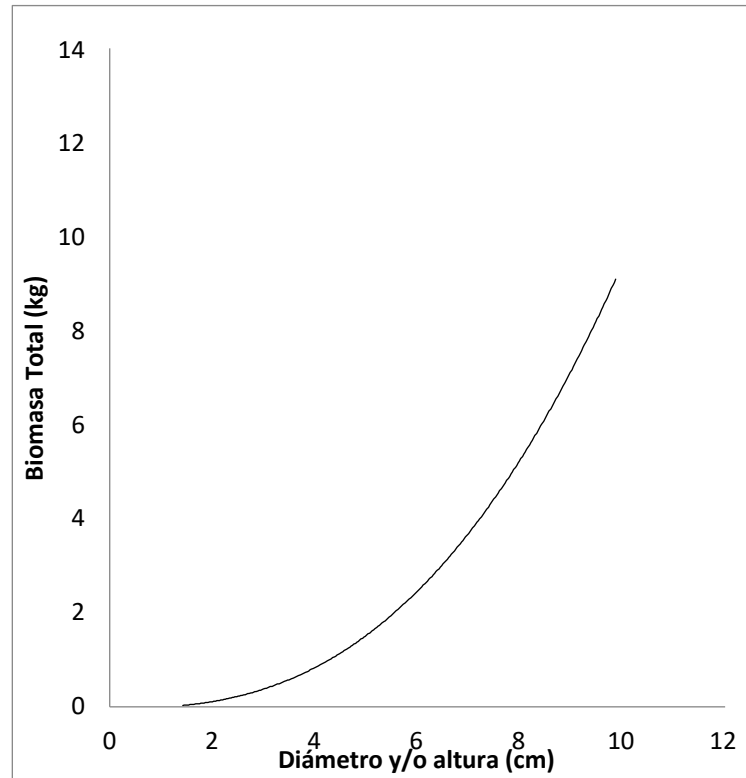


Figura 21. Relación alométrica entre diámetros (cm) y biomasa (kg).

Este estudio produjo diversos modelos alométricos debido a la inconsistencia de las metodologías desarrolladas para medir diámetros menores. Además, demostró que la mejor variable para predecir la biomasa de diámetros menores es el DA_0 en combinación con la altura total de los individuos. Ésta última variable generalmente ha sido descuidada, debido a que algunos autores afirman que el diámetro es la mejor variable explicativa para el volumen y consecuentemente la biomasa, y a la dificultad de la medición de las alturas totales de árboles maduros (Brown, S. 1989; Tritton & Hornberck, 1982). Es probable que esta diferencia en cuanto a la medición de diámetros menores pueda estar relacionada directamente con las especies evaluadas, donde medir los diámetros a cierta altura a partir de la base corresponda

a evitar las sobreestimaciones que pudieran provocar la existencia de gambas o raíces adventicias, como las que fueron observadas en *H. mexicanum*.

Sobre el modelo M1, que fue el que presentó los mejores estadígrafos, se realizaron comparaciones con otros modelos alométricos para bosques secundarios, que fueran más o menos similares en cuanto a edad, clases diamétricas y tamaños de muestra. La Figura 22 aporta información respecto al comportamiento de cada modelo.

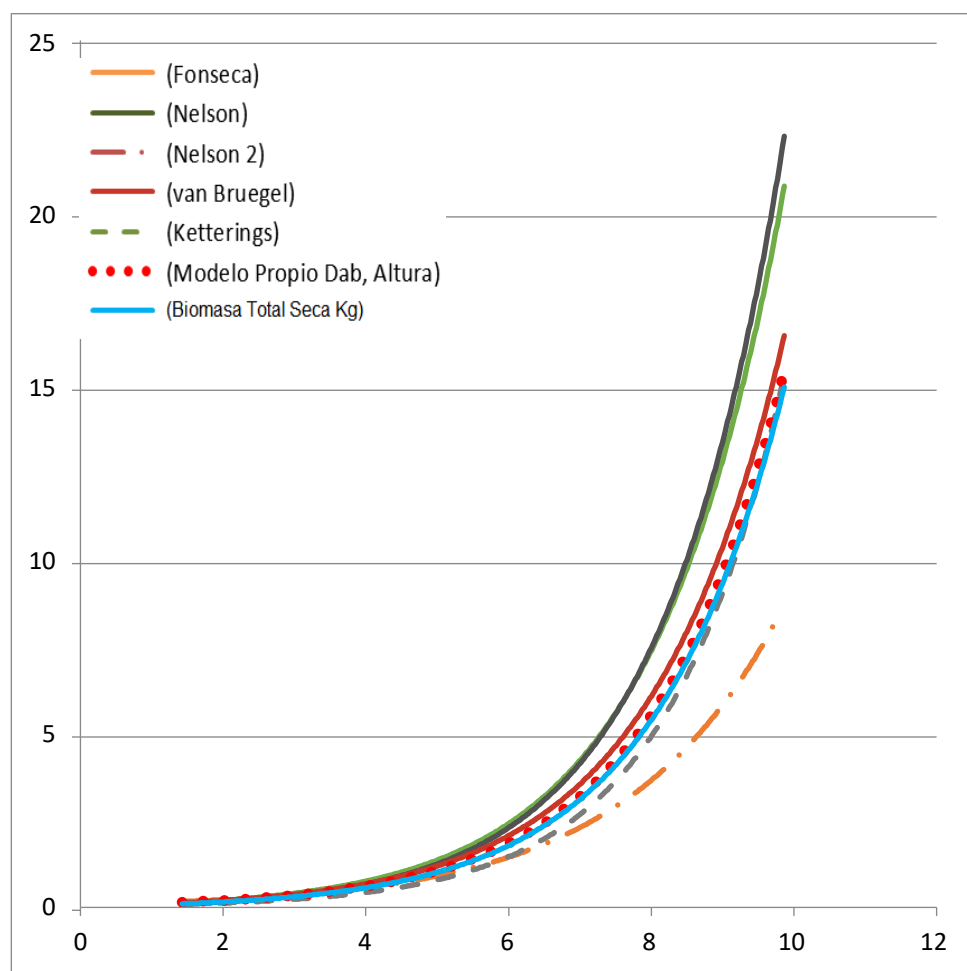


Figura 22. Comparativa de la tendencia del modelo local y otros modelos predictivos de biomasa de bosques secundarios.

La figura anterior, muestra el comportamiento de 6 modelos alométricos generados en otros sitios para el cálculo de biomasa en bosques secundarios, comparados con el modelo local mejor ajustado y los valores reales obtenidos en campo. Las curvas muestran que el modelo local predice casi perfectamente la biomasa obtenida en campo; de los modelos predeterminados los que más se acercaron a los valores reales fueron los modelos de Ketterings (2001) y van Breugel (2011), cuyas curvas se acercaron bastante a las curvas locales, en tercera posición se encuentra la curva de Fonseca (2009), que mostró estar más relacionada con el modelo propuesto por Nelson (1999).

Si bien el modelo M1 presenta el mejor nivel de ajuste, esto no desacredita a los otros modelos, que como ya se indicó, presentan niveles de ajuste más que aceptables. Además, si se toma en cuenta el principio de parsimonia, el modelo más recomendable sería el M5, dado que es el modelo más simple con el mejor ajuste, y que toma únicamente como variable independiente el DA_0 . Esto permite mantener el modelo lo más simple posible y permite explicar con un alto nivel de confianza la variable independiente Biomasa (Gujarati y Porter 2009).

Hay que señalar, que los estudios con los que se hacen comparaciones en la presente investigación, han sido elaborados bajo condiciones diferentes de clima, suelo, vegetación y muy probablemente en diferente época del año, por lo que se deben de tomar con cierta prudencia.

Se debe de tomar en cuenta que los modelos propuestos en el presente estudio fueron elaborados con mediciones de campo realizadas durante la época lluviosa local (entre julio y septiembre), lo que refleja la cantidad de biomasa que había durante ese periodo, y que la misma puede fluctuar según la época del año (Richards 1997).

2.7.7 Sucesión vegetal

Como se mencionó en el apartado 2.2.10, dadas las condiciones del sitio en donde se llevó a cabo el estudio, el tipo de sucesión encontrada fue la secundaria, debido a que las especies trabajadas se encontraron en un sustrato que previamente había soportado vida, y que por efecto de los deslizamientos de tierra esta fue removida.

Si bien no ha sido reportado en el presente estudio, como parte de los servicios del Ejercicio Profesional Supervisado, también se muestreo y se tomaron muestras botánicas del estrato herbáceo (muy abundante en los deslaves), mostrando gran presencia de especies pioneras, entre ellas algunas pertenecientes a la familia Gleicheniaceae, Ericaceae y algunas Orchidaceae, de estas, las especies del género *Sticherus* (Gleicheniaceae) fueron dominantes en todas las parcelas levantadas en deslaves. Esto indica que a pesar de estar rodeados de bosque, y de presentar ya algunos individuos de especies arbóreas (aún en dimensiones pequeñas), los deslaves, a casi 15 años de ocurrencia del huracán Mitch, aún se encuentran en las primeras etapas de sucesión, situación similar a la encontrada en Ecuador por Ohl y Bussmann en 2004. Ellos, al igual que en este estudio, pudieron observar que la colonización de los deslizamientos no es homogénea y que esto se puede deber a variaciones de altitud, humedad y condiciones de suelo, aún dentro de los mismos deslaves, lo que explicaría el por qué no se encontraron las mismas especies en todos los deslaves, a pesar de que estos estaban relativamente cerca unos de otros y a altitudes similares.

A nivel de riqueza de especies, algunos autores señalan que los deslizamientos de origen natural tienen un amplio efecto sobre la diversidad de especies. Por ejemplo, Kessler (1999), tiene la hipótesis que los deslaves mantienen la diversidad de especies, a lo que Ohl y Bussmann (2004) agregan que los deslaves crean bosque secundarios dominados por especies colonizadoras que no son capaces de sobrevivir en bosques., por lo que los deslaves representan parches de hábitat adecuado para algunas especies, y tienen importantes consecuencias para la

diversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Restrepo et al. 2009). Estas conclusiones pudieron observarse en campo, dado que especies de las familias Lycopodiaceae y Gleicheniaceae solamente se encontraron en los deslizamientos y no dentro del bosque maduro, llegando a formar parches altamente densos y que cubrían grandes extensiones dentro de los deslaves (Figura 23).



Figura 23. Fotografía de un deslave que muestra que la colonización dentro de los mismos no es homogénea y donde predominan especies de las familias Gleicheniaceae y Lycopodiaceae.

Fuente: Fotografía propia.

2.8 Conclusiones

1. En base a los datos recopilados en campo y al análisis estadístico al que fueron sometidos, se pudo generar una serie de modelos alométricos para las especies seleccionadas dentro del estudio. De esta forma se determinó que los modelos M1 ($\ln(B) = -3.891778721 + 1.858041989 \cdot \ln(DA_0) + 0.931331549 \cdot \ln(h)$) y M5 ($\ln(B) = -3.773398627 + 2.613726309 \cdot \ln(DA_0)$) son los mejor ajustados y los más recomendables. El primero por mostrar los mejores niveles de ajuste de entre todos los modelos y el segundo por ser el modelo más simple mejor ajustado. Ambos modelos presentan un R^2 ajustado superior al 0.91, lo que indica el porcentaje de variabilidad que pueden explicar.
2. Dentro del área de estudio se determinó que son 9 las especies (*Ageratina ligustrina* (DC.) R.M.King & H.Rob., *Clethra skutchii* Standl. & Steyer., *Hedyosmum mexicanum* C.Cordem., *Liquidambar styraciflua* L., *Myrica cerifera* L., *Parathesis vulgata* Lundell, *Pinus maximinoi* H.E.Moore y *Saurauia villosa* DC.) que acumulan el mayor valor de importancia (198/300), y por lo tanto son éstas las especies que concentran el mayor porcentaje de biomasa.
3. Se generaron 8 modelos alométricos multiespecie, todos con valores de R^2_{ajust} superiores al 0.9 y con desviaciones promedio menores a 13 %.
4. Para cada una de las 9 especies evaluadas se generaron 2 modelos específicos, todos presentando valores de R^2_{ajust} superiores a 0.9 y con promedios de desviación inferiores a 4.5 %.
5. Se han acumulado un promedio de 3.1 MgC/ha durante 14 años de sucesión.

2.9 Recomendaciones

1. Con fines de enriquecimiento del tema de estudio, la ubicación y clasificación de los deslaves, ya sea por forma, tamaño u alguna otra característica se traducirá en datos más específicos y precisos para el cálculo de biomasa.
2. Los modelos generados en esta investigación pretenden dar un estimado de la biomasa fijada en una sola cuenca del lado sur de la Sierra de las Minas, la ampliación del estudio al lado Norte y más húmedo de dicha cadena montañosa, mejoraría el entendimiento de la dinámica de carbono en este tipo de bosques.
3. La ampliación temporal de las mediciones mostraría cómo se desarrollan los procesos de fijación de carbono en los bosques secundarios en deslaves.
4. Validar en campo los modelos seleccionados con las mismas especies así como con nuevas especies de latifoliadas (siempre dentro del rango diametral seleccionado), permitirían comprobar el grado de robustez de los modelos.

2.10 Bibliografía

1. Aird, P. 1994. Conservation for the sustainable development of forest worldwide: a compendium of concepts and terms. *The Forestry Chronicle* 170(6):17-120.
2. Aguilar, S. 2001. Estimación de la biomasa aérea y carbono almacenado en el área de aprovechamiento anual 2001, Uaxactún, Flores, Petén. Tesis Ing. For. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén, Ingeniería Forestal. 68 p.
3. Alba, E. 2004. Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Consultado 4 abr 2017. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/eduardo.html>
4. Ambiente Ecológico. 1999. Argentina. Revista 53. Consultado 4 Abr 2012. Disponible en <http://Www.Ambiente-Ecologico.Com/Revist53/A1naft53.Html>
5. Arias-Giraldo, L. 2009. Estimación de la biomasa aérea y desarrollo de modelos alométricos para *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles de alta densidad en el valle del Cauca, Colombia. *Revista Forestal Centroamericana* no. 58:32-39.
6. Avoided Deforestation Partners. 2009. REDD methodology framework. version 1.0, Consultado 6 abr 2012. Disponible en http://Www.Netinform.Net/KE/Files/Pdf/1_REDD-MF%20REDD%20methodology%20framework%20v1.1.Pdf
7. Baldoceña, R; Mercado, G. 2001. Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono en la zona de Neshuya-Curimaná (Pucallpa). *In* Valoración económica de la biodiversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Proyecto INRENA – BIOFOR.
8. van Breugel, M; Ransijn, J; Craven, D; Bongers, F; Hall, J. 2011. Estimating carbon stock in secondary forests: decisions and uncertainties associated with allometric biomass models. *Forest Ecology and Management* 262(2011):1648-1657.
9. Bonham, C. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. 2 ed. USA, John Wiley. 260 p.
10. Braun-Blanquet, J; Fuller, G; Conrad, H. 1932. Plant sociology; the study of plant communities. New York, McGraw-Hill. 460 p.
11. Brower, J; Zar, J; von Ende, C. 1990. Field and laboratory methods for general ecology. 3 ed. United States of America, Brown Publishers. 237 p.

12. Brown, S. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35(4):881-902.
13. _____. 1997. Estimatin biomass and biomass change of tropical forests a primer. *FAO Forestry Paper* 1997:66.
14. Brown, S; Lugo, A. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumens. *Science* 223:1290-1293.
15. Bucknam, RC; Coe, JA; Chavarria, MM; Godt, JW; Tarr, AC; Bradley, L; Rafferty, S; Hancock, D; Dart, RL; Johnson, ML. 2001. Landslides triggered by hurricane Mitch in Guatemala: inventory and discussion. United States of America, USGS. 44 p.
16. Campbell, J. 1982. The biogeography of the cloud forest herpetofauna of Middle America, with special reference to the Sierra de las Minas of Guatemala. United States of America, University of Kansas. 326 p.
17. Castellanos, EJ. 2011. Elaboración del primer mapa nacional sobre el carbono capturado por plantaciones y bosques naturales de Guatemala. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 78 p.
18. Castellanos, EJ; Quilo, A; Amboage, RM. 2010. Metodología para la estimación del contenido de carbono en bosques y sistemas agroforestales en Guatemala. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala, Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad / CARE-Guatemala. 31 p.
19. Chave, J; Andalo, C; Brown, S. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145.
20. Córdova, L. 2002. Estimación de biomasa y carbono para *Pinus oocarpa* Schiede, *P. maximinoi* H.E. Moore y *P. caribaea* Morelet. Var hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 62 p.
21. Cottam, G; Curtis, J. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37(3):451–460. Consultado 6 oct 2013. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/10.2307/1930167>
22. Duarte, C; Alonso, S; Benito, G; Dachs, J; Montes, C. 2006. Cambio global; impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra. Buenos Aires, Argentina. Consultado 15 mayo 2012. Disponible en <http://e-archivo.uc3m.es:8080/handle/10016/8520>
23. Ducey, M; Zarin, D; Vasconcelos, S; Araújo, M. 2009. Biomass equations for

forest regrowth in the eastern Amazon using randomized branch sampling. *Acta Amazonica* 39(2):349-360.

24. Etchevers Barra, JD; Vargas Hernández, J; Acosta Mireles, M; Vázquez Martínez, A. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies de arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia* 36(06):725-736.
25. Font, P. 1985. *Diccionario de botánica*. España, Labor. 1244 p.
26. Fonseca, G; Alice, G; Rey, B. 2009. Models for biomass estimation in native forest tree plantations and secondary forests in the Costa Rican caribbean region. *Bosque* 30(1):36-47. Consultado 27 jun 2013. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n1/art06.pdf>
27. Forest Stewardship Council, USA. 1996. Principios y criterios FSC para el manejo forestal. United States of America. 23 p.
28. Francis, J. 2000. Estimating biomass and carbon content of saplings in Puerto Rican secondary forests. *Caribbean Journal of Science* 36(Flora): 346-350.
29. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, Guatemala). 1992. Plan maestro para la reserva de la biósfera Sierra de las Minas, Guatemala. Guatemala. 54 p.
30. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, Guatemala). 2010. IV actualización plan maestro 2010-2014: reserva de biosfera Sierra de las Minas. Guatemala. 149 p.
31. Gayon, J. 2000. History of the concept of allometry. *American Zoologist* 758:748-758. Consultado 29 jul 2013. Disponible en <http://icb.oxfordjournals.org/content/40/5/748.short>
32. Gibbs, HK; Brown, S; Niles, JO; Foley, JA. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2(4):23-45.
33. Guariguata, M. 1990. Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo mountains of Puerto Rico. *Journal of Ecology* 78(1990):814-832.
34. Guariguata, M; Kattan, G. 2002. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. USA, Libro Universitario Regional. 691 p.
35. Gujarati, D; Porter, D. 2009. *Econometría*. 5 ed. México, McGraw-Hill. 921 p.

36. Gyenge, J; Fernández, M; Sarasola, M; De Urquiza, M; Schlichter, T. 2009. Ecuaciones para la estimación de biomasa aérea y volumen de fuste en algunas especies leñosas nativas del río Foyel, noroeste de la Patagonia Argentina. Bariloche, Argentina, INTA. Bosque 30(2):95-101. 7 p.
37. Herrera, I. 1997. Tectónica de placas geología de Guatemala. *In* Curso Nacional de Postgrado (1997, Guatemala). Criterios para recomendar la fertilidad del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 25–68.
38. Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jiménez Saa. Costa Rica, IICA. 365 p.
39. IPCC. 1995. IPCC second assessment climate change. UE. 26 p.
40. _____. 2001. Climate change 2001; third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, Eng, University Press. 3 v.
41. _____. 2007. Cambio climático 2007: informe de síntesis. Eds. RK Pachauri; A Reisinger. Ginebra, Suiza. 104 p.
42. Kenzo, T; Ichie, T; Hattori, D; Itioka, T; Handa, C; Ohkubo, T; Kendawang, JJ; Nakamura, M; Sakaguchi, M; Takahashi, N; Okamoto, M; Tanaka-Oda, A; Sakurai, K; Ninomiya, I. 2009. Development of allometric relationships for accurate estimation of above- and below-ground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 25(4):371.
43. Kessler, M. 1999. Plant species richness and endemism during natural landslide succession in a perhumid montane forest in the bolivian Andes. *Ecotropica* 5(199):123-136.
44. Ketterings, QM; Coe, R; van Noordwijk, M; Ambagau', Y; Palm, CA. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146:199–209.
45. Lee, GA. 2002. Estudio preliminar para la estimación de biomasa y cuantificación de carbono para *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cybistax donnell-smithii* en bosques naturales de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p.
46. López R, C. 1988. Modelos para estimación de biomasa de *Pinus cembroides* Zucc. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 55 p.
47. Lugo, A. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests

of similar age. *Ecological Monographs* 62(1):1-41.

48. MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. USA, Winrock International Institute for Agricultural Development. 23 p.
49. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2000. Atlas temático de la República de Guatemala: mapa de serie de suelos según Simmons. Esc. 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
50. Matteuci, A; Colma, S. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. México, OEA. 86 p. (Serie Biológica no. 45).
51. Minnesota Department of Natural Resources, USA. 2013. A handbook for collecting vegetation plot data in Minnesota: the relevé method. 2 ed. St. Paul, Minnesota, USA, Department of Natural Resources. 57 p.
52. Mueller, D; Ellenberg, H. 1974 Aims and methods of vegetation ecology. USA, John Wiley. 547 p.
53. Murray, RB; Quinn Jacobson, M. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass. *Journal of Range Management* 35(July):451-454.
54. Navar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 257(2):427-434.
55. Nelson, BW; Mesquita, R; Pereira, JLG; Aquino, García; de Souza, S; Teixeira Batista, G; Bovino Couto, L. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117:149–167.
56. Odum, E. 1984. *Ecología*. 3 ed. México, Nueva Editorial Interamericana. 640 p.
57. Ohl, C; Bussmann, R. 2004. Recolonisation of natural landslides in tropical mountain forests of southern Ecuador. *Feddes Repertorium* 115(34):248-264.
58. Ordóñez Díaz, JA. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. México, Instituto Nacional de Ecología / SEMARNAP. 73 p.
59. Prado, J. 2000. Segunda estimación de la producción y el rendimiento de semillas de cuatro especies de coníferas en ocho fuentes semilleras de

Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 87 p.

60. Quintana Roca, WA. 1999. Elaboración de tablas de volúmen para aliso (*Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* Furlow) dentro de la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo sub-tropical, en el departamento de Chimaltenango, Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 75 p.
61. R Development Core Team, Austria. 2008. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. Disponible en <http://www.r-project.org/>
62. Rawlings, J. 1932. Applied regression analysis: a research tool. USA, Library of Congress Springer Texts in Statistics. 678 p.
63. Restrepo, C. 2011. The transfer of modern organic carbon by landslide activity on tropical montane ecosystems. Puerto Rico, San Juan, Universidad de Puerto Rico. 55 p.
64. Restrepo, C; Walker, LR; Shiels, AB; Bussmann, R; Claessens, L; Fisch, S; Lozano, P; Negi, G; Paolini, L; Poveda, G; Ramos-Scharrón, C; Richter, M; Velázquez, E. 2009. Landsliding and Its multiscale influence on mountainscapes. *BioScience* 59(8):685-698.
65. Richards, P. 1997. The tropical rain forest. 2 ed. Cambridge, England, Cambridge University Press. 745 p.
66. Ruano, G. 1998. Rendimiento de semilla de cuatro especies de coníferas y requerimiento de mano de obra en su procesamiento en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 65 p.
67. Salas, C. 2002. Ajuste y validación de ecuaciones de volumen para un relicto del bosque de roble-laurel-lingue. *Bosque* 23(2):81-92.
68. Salati, E. 1990. Los posibles cambios climáticos en América Latina y El Caribe y sus consecuencias. Santiago de Chile, Chile, CEPAL. 47 p.
69. Sarmiento, F. 2000. Diccionario de ecología paisaje, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. México, Abya Yala. 226 p.
70. Sarmiento, J. 2002. Sinks for anthropogenic carbon. *Physics Today* 55(8):30. Consultado 19 ago 2013. Disponible en http://www.gfdl.gov/bibliography/related_files/jls0202.pdf
71. Segura, M; Kanninen, M. 2005. Allometric models for tree volume and total

aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1):2-8.

72. Segura, M; Andrade, H. 2008. ¿Cómo hacerlo? ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes?. *Agroforestería de las Américas* (46):89-96.
73. Shingleton, A. 2010 Allometry: the study of biological scaling. *Nature Education Knowledge* 3(10):2.
74. Simmons, C; Tárrano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
75. Smith, W; Brand, G. 1983. Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. United States of America, USDA, Forest Service. no.3:8.
76. Stephens, GR; Waggoner, PE. 1970. Carbon dioxide exchange of a tropical rain forest. *BioScience* 20(19):1050.
77. Thomlinson, JR; Serrano, MI; López, TD; Aide, TM; Zimmerman, JK. 1996. Land-use dynamics in a post-agricultural Puerto Rican landscape (1936-1988). *Biotropica* 28(4):525-536.
78. Toledo, VM; Batis, AI; Becerra, R; Martines, E; Ramos, CH. 1995. La selva util: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* 20(4):177-187.
79. Tritton, L; Hornbeck, J. 1982. Biomass equations for major tree species of northeast. United States of America, USDA, Forest Service. 51 p.
80. USGS. 2011. Geology, caribbean map server. ArcGIS Services Directory. Consultado 21 nov 2012. Disponible en <http://certmapper.cr.usgs.gov/arcgis/rest/services/geology/caribbean/MapServer>
81. Waggoner, PE; Stephens, GR. 1970. Carbon dioxide exchange of a tropical rain forest; part I. *Bioscience* 20(19):1050-1053.
82. Walpole, R; Myers, R; Myers, S; Ye, K. 2007. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México, Pearson Educación. 840 p.
83. Zevallos, KAL. 2009. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. Perú, Universidad Nacional de Ucayali. 82 p.

2.11 Anexos

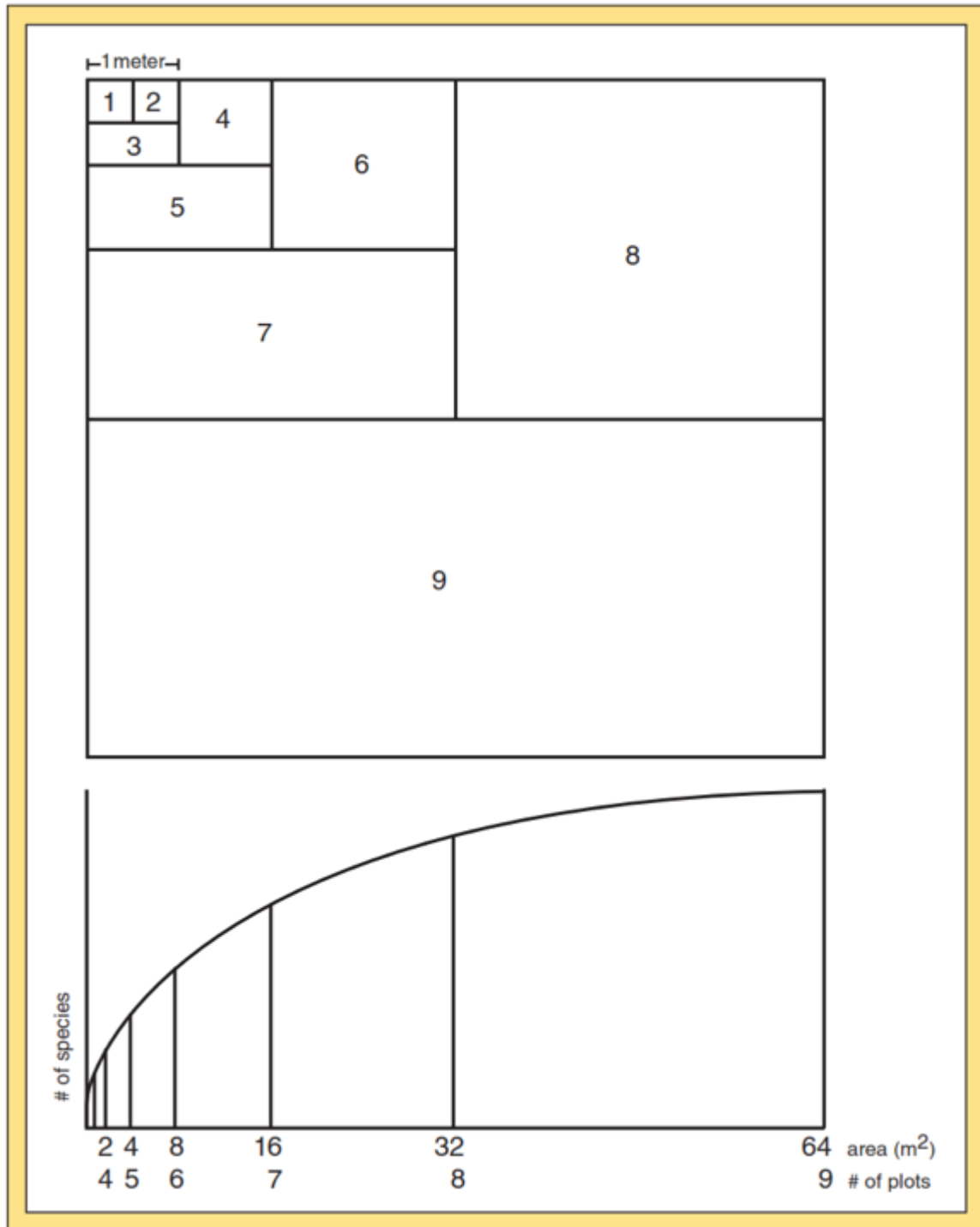


Figura 24A. Sistema de parcelas anidadas para determinar el área mínima relevé y la hipotética curva de especies-área.

Fuente: (Minnesota Department of Natural Resources 2013).

Cuadro 9A. Modelos alométricos específicos.

Especies	Nombre Campo	Modelo de Regresión	Variables	N	R ² ajustado	CF
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Liquidambar	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.41792505 + 2.26702388 \ln(\text{DA}_0) + 0.32676635 \ln(h)$	DA ₀ , h	12	0.977	1.025
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.2490833 + 2.52981162 \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	12	0.978	1.024
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.9426050 + 2.59118968 \ln(\text{DA}0.1) + 0.00248916 \ln(h)$	DA0.1, h	12	0.970	1.033
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.906539 + 2.5433407 \ln(\text{DA}0.15) + 0.0768779 \ln(h)$	DA0.15, h	12	0.963	1.041
		$\ln(\text{Biomasa}) = -1.575058 + 2.58961757 \ln(\text{DAP}) - 0.39281533 \ln(h)$	DAP, h	12	0.961	1.043
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.94113295 + 2.5932844 \ln(\text{DA}0.1)$	DA0.1	12	0.973	1.033
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.8592802 + 2.608607 \ln(\text{DA}0.15)$	DA0.15	12	0.967	1.041
		$\ln(\text{Biomasa}) = -1.93012490 + 2.2918553 \ln(\text{DAP})$	Dap	12	0.964	1.045
<i>Clethra skutchii</i> Standl. & Steyererm.	Manguito	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.26799565 + 1.39100283 \ln(\text{DAb}) + 1.69401953 \ln(h)$	DAb, H	9	0.994	1.008
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.80857821 + 2.70874177 \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.973	1.033
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.8528166 + 1.31357795 \ln(\text{DA}0.1) + 1.6537067 \ln(h)$	DA0.1, h	9	0.995	1.007
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.712433104 + 1.44011120 \ln(\text{DA}0.15) + 1.47570292 \ln(h)$	DA0.15, h	9	0.994	1.007
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.988828 + 1.88202652 \ln(\text{DAP}) + 0.8008548 \ln(h)$	DAP, h	9	0.995	1.006
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.0370346 + 2.500368 \ln(\text{DA}0.1)$	DA0.1	9	0.975	1.036
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.95694909 + 2.5063672 \ln(\text{DA}0.15)$	DA0.15	9	0.982	1.026
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.472455 + 2.4528755 \ln(\text{DAP})$	DAP	9	0.994	1.009
<i>Saurauia villosa</i> DC.	Zapotillo	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.22374329 + 2.68646607 \ln(\text{DA}_0) + 0.13461463 \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.981	1.030
		$\ln(\text{Biomasa}) = -4.25770643 + 2.83458812 \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.984	1.026
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.89275084 + 2.81857186 \ln(\text{DA}0.1) - 0.01639089 \ln(h)$	DA0.1, h	9	0.976	1.039
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.72615797 + 2.52831483 \ln(\text{DA}0.15) + 0.19928799 \ln(h)$	DA0.15, h	9	0.973	1.044
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.51150332 + 1.85438884 \ln(\text{DAP}) + 0.41017764 \ln(h)$	DAP, h	9	0.995	1.008
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.89073696 + 2.80060073 \ln(\text{DA}0.1)$	DA0.1	9	0.979	1.039
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.737856586 + 2.741535350 \ln(\text{DA}0.15)$	DA0.15, h	9	0.976	1.045
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.29381433 + 2.196730605 \ln(\text{DAP})$	DAP	9	0.992	1.014

Continuación Cuadro 9A.

Especies	Nombre Campo	Modelo de Regresión	Variabes	N	R ² ajustado	CF
<u>Myrica cerifera</u> L.	Cebito	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.8501755 + 2.14096682 \cdot \ln(\text{DA}_0) + 0.56337377 \cdot \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.966	1.040
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.76473372 + 2.65899489 \cdot \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.967	1.039
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.8235150 + 2.358943 \cdot \ln(\text{DA0.1}) + 0.14714353 \cdot \ln(h)$	DA0.1, h	9	0.987	1.015
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.8107144 + 1.99585761 \cdot \ln(\text{DA0.15}) + 0.6058951 \cdot \ln(h)$	DA0.15, h	9	0.982	1.020
		$\ln(\text{Biomasa}) = -0.7922324 + 1.64515102 \cdot \ln(\text{DAP}) - 0.04042123 \cdot \ln(h)$	DAP, h	9	0.971	1.021
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.822942 + 2.484737821 \cdot \ln(\text{DA0.1})$	DA0.1	9	0.988	1.013
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.79378203 + 2.5133206 \cdot \ln(\text{DA0.15})$	DA0.15	9	0.979	1.024
		$\ln(\text{Biomasa}) = -0.82175970 + 1.6237234 \cdot \ln(\text{DAP})$	DAP	9	0.976	1.017
<u>Parathesis vulgata</u> Lundell	Cebito Blanco	$\ln(\text{Biomasa}) = -2.72908044 + 2.30288038 \cdot \ln(\text{DA}_0) - 0.07158771 \cdot \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.990	1.007
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.78194863 + 2.2526147 \cdot \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.992	1.006
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.9624368 + 2.069499 \cdot \ln(\text{DA0.1}) + 0.371907547 \cdot \ln(h)$	DA0.1, h	9	0.987	1.010
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.94480377 + 1.8827481 \cdot \ln(\text{DA0.15}) + 0.550995503 \cdot \ln(h)$	DA0.15, h	9	0.980	1.015
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.72305 + 2.2440958 \cdot \ln(\text{DAP}) + 0.44878319 \cdot \ln(h)$	DAP, h	9	0.985	1.012
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.6673475 + 2.3354481 \cdot \ln(\text{DA0.1})$	DA0.1	9	0.986	1.011
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.4726318 + 2.2630830 \cdot \ln(\text{DA0.15})$	DA0.15	9	0.977	1.018
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.318118 + 2.60075788 \cdot \ln(\text{DAP})$	DAP	9	0.983	1.013
<u>Pinus maximinoi</u> H.E. Moore	Pino	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.73828932 + 1.39868277 \cdot \ln(\text{DA}_0) + 1.30980199 \cdot \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.973	1.022
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.80916697 + 2.18702385 \cdot \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.962	1.031
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.345335191 + 1.29282558 \cdot \ln(\text{DA0.1}) + 1.36077017 \cdot \ln(h)$	DA0.1, h	9	0.976	1.020
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.19316889 + 1.2945884 \cdot \ln(\text{DA0.15}) + 1.26538158 \cdot \ln(h)$	DA0.15, h	9	0.970	1.024
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.03893714 + 0.6137588 \cdot \ln(\text{DAP}) + 2.4706890 \cdot \ln(h)$	DAP, h	9	0.950	1.037
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.1766296 + 2.06040866 \cdot \ln(\text{DA0.1})$	DA0.1	9	0.961	1.031
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.974905 + 1.99073861 \cdot \ln(\text{DA0.15})$	DA0.15	9	0.962	1.031
		$\ln(\text{Biomasa}) = -1.47838271 + 1.665830235 \cdot \ln(\text{DAP})$	DAP	9	0.933	1.049

Continuación Cuadro 9A.

Especies	Nombre Campo	Modelo de Regresión	Variables	N	R ² ajustado	CF
<u>Hedyosmum mexicanum</u> C.Cordem.	Hedyosmum	$\ln(\text{Biomasa}) = -4.60346664 + 2.55062104 * \ln(\text{DA}_0) + 0.38629484 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.992	1.014
		$\ln(\text{Biomasa}) = -4.77417429 + 2.9283992 * \ln(\text{DA}_0)$	DA _b	9	0.992	1.015
		$\ln(\text{Biomasa}) = -4.06483536 + 2.3856938 * \ln(\text{DA}_{0.1}) + 0.37018467 * \ln(h)$	DA _{0.1} , h	9	0.977	1.040
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.98166935 + 2.24520833 * \ln(\text{DA}_{0.15}) + 0.5502376 * \ln(h)$	DA _{0.15} , h	9	0.983	1.031
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.41920233 + 2.40420946 * \ln(\text{DAP}) - 0.40484923 * \ln(h)$	DAP, h	7	0.968	1.008
		$\ln(\text{Biomasa}) = -4.15876641 + 2.72730083 * \ln(\text{DA}_{0.1})$	DA _{0.10}	9	0.980	1.043
		$\ln(\text{Biomasa}) = -4.10480464 + 2.75323847 * \ln(\text{DA}_{0.15})$	DA _{0.15}	9	0.982	1.037
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.62419878 + 2.16806554 * \ln(\text{DAP})$	DAP	7	0.969	1.010
<u>Ageratina ligustrina</u> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Monte amargo	$\ln(\text{Biomasa}) = -3.52756065 + 2.09091544 * \ln(\text{DA}_0) + 0.66341891 * \ln(h)$	DA ₀ , h	9	0.965	1.037
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.23189499 + 2.47001371 * \ln(\text{DA}_0)$	DA ₀	9	0.965	1.037
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.23306565 + 2.34363309 * \ln(\text{DA}_{0.1}) + 0.4586977 * \ln(h)$	DA _{0.1} , h	9	0.970	1.032
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.94806974 + 2.28212907 * \ln(\text{DA}_{0.15}) + 0.4190279 * \ln(h)$	DA _{0.15} , h	9	0.971	1.031
		$\ln(\text{Biomasa}) = -1.26823413 + 2.21893432 * \ln(\text{DAP}) - 0.3136117 * \ln(h)$	DAP, h	9	0.950	1.053
		$\ln(\text{Biomasa}) = -3.00652537 + 2.62327211 * \ln(\text{DA}_{0.1})$	DA _{0.1}	9	0.972	1.035
		$\ln(\text{Biomasa}) = -2.71476674 + 2.52655044 * \ln(\text{DA}_{0.15})$	DA _{0.15}	9	0.973	1.033
		$\ln(\text{Biomasa}) = -1.52424749 + 2.06234908 * \ln(\text{DAP})$	DAP, h	9	0.956	1.054

Cuadro 10A. Resultados y detalles de las regresiones ejecutadas en R.

```

Regresión DA0.1 Altura
Rcmdr> summary(RegModel.1)
Call:
lm(formula = Log.Dry.Weight ~ Log.Altura + Log.DA.0.1, data = Datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.75333 -0.26129 -0.02248  0.20041  0.91208

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -3.4815     0.1164  -29.902 < 2e-16 ***
Log.Altura    0.8732     0.1272   6.863 1.51e-09 ***
Log.DA.0.1    1.8316     0.1286  14.243 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3779 on 77 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9403, Adjusted R-squared:  0.9388
F-statistic: 606.9 on 2 and 77 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión Dab, Altura
Rcmdr> summary(RegModel.3)
Call:
lm(formula = Log.Dry.Weight ~ Log.Altura + Log.DAb, data = Datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.62813 -0.20941 -0.03128  0.16427  0.72893

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.89178     0.10521  -36.992 < 2e-16 ***
Log.Altura   0.93133     0.09952   9.359 2.45e-14 ***
Log.DAb      1.85804     0.10263  18.104 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3143 on 77 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9588, Adjusted R-squared:  0.9577
F-statistic: 894.9 on 2 and 77 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión DA0.15, Altura
Rcmdr> summary(RegModel.4)
Call:
lm(formula = Log.Dry.Weight ~ Log.Altura + Log.DA.0.15, data = Datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.78384 -0.23873 -0.02969  0.23438  0.93699

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -3.3827     0.1150  -29.404 < 2e-16 ***
Log.Altura    0.8944     0.1268   7.055 6.53e-10 ***
Log.DA.0.15   1.7927     0.1267  14.152 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3797 on 77 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9398, Adjusted R-squared:  0.9382

```

Continuación Cuadro 10A.

F-statistic: 600.9 on 2 and 77 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión DAP, Altura

Rcmdr> summary(RegModel.5)

Call:

lm(formula = Log.Dry.weight ~ Log.Altura + Log.DAP, data = Datos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.8072	-0.2923	-0.1030	0.2307	1.2307

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.1811	0.1596	-13.669	< 2e-16 ***
Log.Altura	0.5023	0.1773	2.833	0.00596 **
Log.DAP	1.7212	0.1394	12.345	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4176 on 73 degrees of freedom

(4 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.9132, Adjusted R-squared: 0.9109

F-statistic: 384.2 on 2 and 73 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión DAb

Rcmdr> summary(RegModel.7)

Call:

lm(formula = Log.Dry.weight ~ Log.DAb, data = Datos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.14194	-0.27125	0.04719	0.32422	0.85121

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.77340	0.15172	-24.87	<2e-16 ***
Log.DAb	2.61373	0.09202	28.40	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4565 on 78 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9118, Adjusted R-squared: 0.9107

F-statistic: 806.7 on 1 and 78 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión DA0.1

Rcmdr> summary(RegModel.8)

Call:

lm(formula = Log.Dry.weight ~ Log.DA.0.1, data = Datos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.24799	-0.33180	0.09824	0.39221	0.93002

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.27292	0.14177	-23.09	<2e-16 ***
Log.DA.0.1	2.55019	0.09417	27.08	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4767 on 78 degrees of freedom

Continuación Cuadro 10A.

Multiple R-squared: 0.9039, Adjusted R-squared: 0.9026
 F-statistic: 733.3 on 1 and 78 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión DA0.15

Rcmdr> summary(RegModel.9)

Call:

lm(formula = Log.Dry.Weight ~ Log.DA.0.15, data = Datos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.3108	-0.3167	0.1187	0.3525	0.9576

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.12321	0.13897	-22.47	<2e-16 ***
Log.DA.0.15	2.51730	0.09455	26.62	<2e-16 ***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4841 on 78 degrees of freedom
 Multiple R-squared: 0.9009, Adjusted R-squared: 0.8996
 F-statistic: 708.8 on 1 and 78 DF, p-value: < 2.2e-16

Regresión DAP

Rcmdr> summary(RegModel.10)

Call:

lm(formula = Log.Dry.Weight ~ Log.DAP, data = Datos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.88141	-0.30442	-0.02884	0.29003	1.29520

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.81743	0.09916	-18.33	<2e-16 ***
Log.DAP	2.05504	0.07798	26.35	<2e-16 ***

 Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.437 on 74 degrees of freedom
 (4 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-squared: 0.9037, Adjusted R-squared: 0.9024
 F-statistic: 694.4 on 1 and 74 DF, p-value: < 2.2e-16

Cuadro 11A. Cálculo del factor de inflación de la varianza (detección multicolinealidad) utilizando R.

```
> regresion<-lm(Log.Dry.weight ~ Log.DAb + Log.DA.0.15 + Log.DA.0.1 +
Log.DAP + Log.Altura, data=Datos, x=TRUE)
> regresion
```

Call:

```
lm(formula = Log.Dry.weight ~ Log.DAb + Log.DA.0.15 + Log.DA.0.1 +
    Log.DAP + Log.Altura, data = Datos, x = TRUE)
```

Coefficients:

(Intercept)	Log.DAb	Log.DA.0.15	Log.DA.0.1	Log.DAP	Log.Altura
-3.5148	2.3912	0.1417	-1.2648	0.6085	0.7500

```
> vif(regresion)
```

Log.DAb	Log.DA.0.15	Log.DA.0.1	Log.DAP	Log.Altura
39.190624	231.618022	270.152145	17.186023	3.739107

```
> regresion4<-lm(Log.Dry.weight ~ Log.DAb + Log.Altura, data=Datos,
x=TRUE)
```

```
> regresion4
```

Call:

```
lm(formula = Log.Dry.weight ~ Log.DAb + Log.Altura, data = Datos,
    x = TRUE)
```

Coefficients:

(Intercept)	Log.DAb	Log.Altura
-3.8918	1.8580	0.9313

```
> vif(regresion4)
```

Log.DAb	Log.Altura
2.62458	2.62458

Cuadro 12A. Prueba de White para detectar heteroscedasticidad utilizando Gretl.

Contraste de heteroscedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1-76
Variable dependiente: \hat{u}^2

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	0.0803385	0.408209	0.1968	0.8447
A	-0.117554	1.21966	-0.09638	0.9236
B	2.17769	4.13273	0.5269	0.6004
C	-1.70975	3.79460	-0.4506	0.6541
D	-0.229601	0.834124	-0.2753	0.7841
E	-0.128196	0.500419	-0.2562	0.7988
sq_A	0.470352	2.12381	0.2215	0.8255
X2_X3	-2.58811	9.89494	-0.2616	0.7946
X2_X4	2.67811	8.26301	0.3241	0.7471
X2_X5	-0.0900986	1.28166	-0.07030	0.9442
X2_X6	-0.901077	0.885117	-1.018	0.3131
sq_B	-2.67722	7.56187	-0.3540	0.7247
X3_X4	1.45015	12.7736	0.1135	0.9100
X3_X5	2.88252	3.62301	0.7956	0.4297
X3_X6	3.09872	2.88140	1.075	0.2869
sq_C	0.364002	7.28263	0.04998	0.9603
X4_X5	-2.46578	3.22749	-0.7640	0.4481
X4_X6	-2.03436	2.44291	-0.8328	0.4086
sq_D	-0.176424	0.625361	-0.2821	0.7789
X5_X6	0.0435228	0.561133	0.07756	0.9385
sq_E	-0.0665986	0.195006	-0.3415	0.7340

R-cuadrado = 0.187906

Estadístico de contraste: $TR^2 = 14.280828$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(20) > 14.280828) = 0.815977$

Capítulo III

3 SERVICIOS PRESTADOS AL PROYECTO “DESLIZAMIENTOS DE TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y DINÁMICAS DE CARBONO EN PAISAJES MONTAÑOSOS EN CENTROAMÉRICA”,

3.1 Presentación

Enmarcado dentro de los objetivos del proyecto denominado “Deslizamientos de Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Dinámicas de Carbono en Paisajes Montañosos en Centroamérica”, el muestreo de la vegetación y del suelo, con la respectiva toma de muestras, constituye el eje transversal para la generación de nuevo conocimiento sobre los flujos del carbono ligado a los deslizamientos de tierra en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala.

En este apartado se presenta un resumen de los servicios que fueron realizados en el marco del Proyecto durante la ejecución del EPS. Dichos servicios se pueden dividir en dos categorías: la primera corresponde al apoyo como asistente de investigación local al equipo de investigación del Proyecto y proveniente de Puerto Rico, con el cual se levantaron 13 parcelas temporales de muestreo de vegetación, hojarasca y suelo en las cuencas de los ríos Matanzas, Pueblo Viejo, Tinajas y Río Zarco.

Esta fase de muestreo se tradujo en el levantamiento de datos dasométricos y de profundidad de suelos, acompañados de las respectivas muestras. Las muestras vegetales, en su gran mayoría infértiles, fueron conservadas en alcohol y trasladadas al herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su determinación. Las muestras de suelo fueron clasificadas y se procedió a separar con tamices las raíces contenidas en las mismas, para luego se transportadas al Centro de Estudios Conservacionistas y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala.

Por muestra vegetal o botánicas se entiende como la porción terminal de una rama de aproximadamente 30-35 cm de longitud, tomada a través de un corte limpio y

con ayuda de tijeras de podar, que en caso de no contar con flores ni frutos se considera *estéril* o *infértil* (Herbario Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas 2010).

Esta etapa de muestreo, no solo incluyó la fase de campo y recolección de las muestras, sino que también conllevó el manejo y registro de las mismas previo a su traslado a las entidades académicas correspondientes. Para el caso de las muestras vegetales, previo a su conservación en alcohol, se procedió a tomar un registro escrito detallado de las mismas, color, olor, sabor o cualquiera otra característica que potencialmente fuera a perderse producto de la conservación y traslado. Mientras que las muestras de suelo fueron rotuladas, pesadas, tamizadas y clasificadas para su transporte a Ciudad de Guatemala.

Entre junio y octubre de 2012, se llevó a cabo una fase campo dirigida a ampliar el tamaño de la muestra del Proyecto. Ya sin el equipo de investigación de Puerto Rico, se procedió al levantamiento de ocho parcelas temporales de muestreo de vegetación, tres de bosque primario, cuatro deslizamientos de tierra del Huracán Mitch y un guatal. Cabe resaltar, que en todos los casos se tomaron muestras botánicas y muestras de suelo de la misma manera que se levantaron y manejaron con el equipo de investigación puertorriqueño.

Finalmente, en fase de laboratorio, se procedió a la determinación de todas las muestras botánicas colectadas durante ambas fases de campo, lo cual se tradujo en un listado de los 677 especímenes con su respectivo nombre científico cuando la calidad de la muestra lo permitió, y a nivel de morfoespecie cuando no.

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo General

1. Asistir al equipo de investigación puertorriqueño, en el marco del proyecto de investigación llamado “Deslizamientos de Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Dinámicas de Carbono en Paisajes Montañosos en Centroamérica”.

3.2.2 Objetivos Específicos

1. Apoyar al equipo de investigación del Proyecto, en la fase de establecimiento y medición de parcelas temporales de muestreo de vegetación.
2. Ampliar el área de muestreo posterior a que el equipo de investigación regresara a Puerto Rico.
3. Tomar muestras de suelo de la cuenca del río Santiago y del río Zarco con su respectivo tratamiento para su traslado a laboratorio en Ciudad de Guatemala.
4. Manejar y determinar las muestras botánicas, producto de la fase de muestreo, por lo menos a nivel de morfoespecie.

3.3 Metodología

La necesidad de muestreo surge de la imposibilidad de medir todos los individuos de una población, por lo que se hace necesario estimar el valor de los parámetros de la población (Matteuci, A. Colma 1982). Estos mismos autores también definen a la población como un conjunto de observaciones cuantitativas o cualitativas que, en estudios de vegetación, pueden estar formadas por unidades de vegetación, individuos vegetales de la misma especie, individuos vegetales de la misma forma de vida, etc.

Para el caso de la presente investigación, la población se había definido como todo aquel individuo vegetal que formara parte del estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo.

3.3.1 Apoyo al equipo de investigación

Si bien es necesario realizar una serie de etapas previo a llevar a cabo el muestreo, tales como: a) selección de la zona de estudio, b) determinación del método para situar las unidades de muestreo, c) determinación del tamaño de muestra y d) determinación del tamaño y forma de las parcelas (Matteuci, A. Colma 1982); en el marco de la investigación, estas etapas ya habían sido abordadas.

A. Selección de la zona de estudio

Respecto a la selección y delimitación de la zona de estudio, diversos autores señalan la diversidad de criterios que existen para esta fase, el cual puede ser muy subjetivo y dependerá del objetivo mismo del estudio. Desde el punto de vista netamente forestal, siempre se inicia con un premuestreo, que permitirá obtener los primeros estimadores estadísticos (INAB-PROCAFOR 2001), asimismo Matteuci, A. Colma 1982 reconocen que es muy difícil hacer una selección objetiva antes de

haber tomado muestras y haber hecho algunas mediciones. Sin embargo, estos autores también reconocen que los criterios para seleccionar y delimitar la zona de estudio varían desde los de índole administrativa, pasando por los de carácter ambiental, hasta los de carácter vegetacional.

Para el caso presente, si bien la investigación se enmarca en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, el área de estudio ha estado delimitada a nivel de cuenca hidrográfica, específicamente en las subcuencas de los ríos Pueblo Viejo, Tinajas y Zarco en la cuenca del río Polochic y en la subcuenca del río Santiago en la cuenca del río Motagua.

Fue en estas subcuencas en donde se ubicaron bosques primarios con signos mínimos de intervención humana y bosques secundarios en deslaves ocurridos durante el huracán Mitch en 1998.

B. Método para situar las unidades de muestreo

Esto se refiere al patrón espacial en cómo se ubicarán las muestras en la zona de estudio, el cual puede ser aleatorio, sistemático, aleatorio restringido o preferencial, este último también llamado “a criterio de experto” (Matteuci, A. Colma 1982).

Si bien el objetivo del muestreo es que la muestra resultante sea óptimamente representativa, muchas veces las condiciones en campo tales como: vías de acceso, clima, condiciones sociales, tamaño de la zona de estudio, así como el *manpower* (Cai et al. 2013), condicionan el método para ubicar las unidades de muestreo en campo.

Para el caso del Proyecto, a pesar de que se conocía los sitios de interés y se contaban con mapas preliminares de los sitios de muestreo, fue a través de visitas de reconocimiento, previo a la toma de datos, que se definieron los sitios donde se establecerían las unidades de muestreo.



Figura 25. Fotografía del área potencial de muestreo, caserío Samaritana, Panzós, Alta Verapaz.

Fuente: Fotografía propia.

C. Tamaño de la muestra

Entre mayor sea el tamaño de la muestra, más precisa será la estimación de la variable estudiada. Esto se puede lograr aumentando el número de parcelas levantadas en campo y si bien el número de éstas se puede determinar estadísticamente, generalmente los recursos disponibles son los que al final definen el tamaño de la muestra. Debido a esto es necesario lograr un equilibrio donde el esfuerzo invertido sea equivalente a la cantidad y calidad de la información que se levante en campo (Matteuci, A. Colma 1982).

Sin embargo, algunos autores recomiendan que el tamaño de la muestra debe de ser al menos cuatro o cinco veces mayor al número de variables. Si el tamaño de la muestra es pequeño y esta relación es menor, los resultados deberán de interpretarse con precaución (Salvador y Gargallo 2006).

Para el presente estudio, y como parte de los servicios prestados, se apoyó en el levantamiento de datos de 13 parcelas temporales de muestreo de vegetación, de las cuales ocho fueron en bosque natural y 4 en deslizamientos de tierra. A esto hay que sumarle las ocho parcelas levantadas en el marco del trabajo de investigación de elaboración de modelos alométricos, que también sirvieron para aumentar el tamaño de la muestra de del Proyecto.

D. Tamaño y forma de las parcelas

Dado que la investigación había iniciado desde hacía algunos años, el tamaño y forma de las parcelas ya habían sido definidas, cuadradas de 25 m x 25 m, para un total de 625 m², divididas en 25 subparcelas de 25 m² (Figura 26). Esto se hizo con el fin de tener un mayor control sobre los individuos muestreados, y para el muestreo de suelos, ya que se muestrearon únicamente cinco parcelas, una por cada una de las filas en que fue subdividida la parcela.^{25 m}

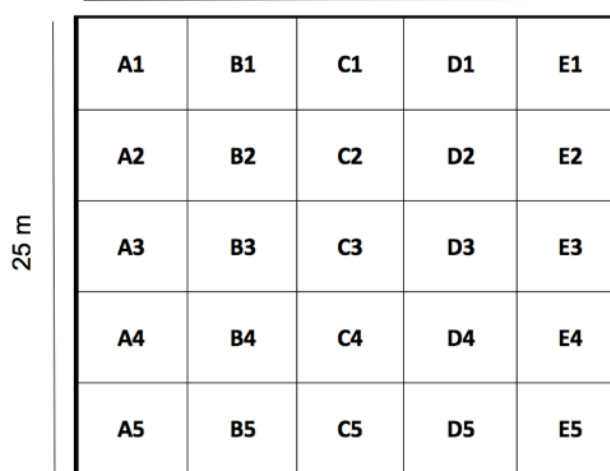


Figura 26. Croquis de las parcelas temporales de muestreo de vegetación.

Fuente: Elaboración Propia

Tradicionalmente, la forma cuadrada ha sido la más utilizada, a pesar de que formas rectangulares y circulares se ha logrado obtener datos con varianzas menores. Sin embargo, esto puede estar relacionado con el patrón de las especies y la distribución de las mismas. Además, en bosques naturales densos, establecer

parcelas circulares puede resultar difícil, y complicaría la delimitación de subparcelas para el muestreo de suelos (Matteuci, A. Colma 1982).

3.3.2 Fase de gabinete inicial

En la primera etapa de los servicios, esta fase ya había sido abordada por la Dra Restrepo y su equipo, quienes traían preparados una serie de mapas cartográficos y una planificación tentativa de los sitios de muestreo, las cuencas a visitar y los sitios con potencial para funcionar como *centro de operaciones*.

En esta fase también se puede incluir las visitas previas que se realizaron a la mayoría de comunidades

indígenas del lado de la cuenca del río Polochic. Donde debido al tipo de organización social, previo a poder realizar cualquier trabajo en

campo, era necesario tener una asamblea con los comunitarios y

explicar los motivos de la visita, los objetivos y *pedir permiso* para realizar el muestreo y para poder usar el salón comunal como centro de operaciones.



Figura 27. Llegada a la aldea Samaritana, previo a la reunión con la asamblea comunitaria para informar sobre el motivo de la visita.

Fuente: Fotografía propia.

A pesar de esta *cortesía*, dado que se contaba con los respectivos permisos del CONAP y de Fundación Defensores de la Naturaleza, como administrador de la RBSM, en todas las comunidades siempre hubo reticencia respecto a la entrada del equipo y de sus objetivos.

Por ejemplo, la primera área visitada, aldea Samaritana en la subcuenca del río Pueblo Viejo, municipio de Panzos, Alta Verapaz, hubo un intenso debate sobre dejar entrar o no al equipo de investigación, el cual fue impulsado fuertemente por uno de los líderes con mayor influencia. De no ser por la persona que después terminaría siendo el guía, la entrada a la aldea hubiera sido vetada.

Tiempo después salió a la luz que dicho líder había hecho un cambio de uso con fines agrícolas en la zona núcleo de la Reserva, por lo que ya tenía denuncias en su contra. Posiblemente esta situación lo motivó a tratar de restringir el acceso del equipo a la aldea.

Situación similar ocurrió en la aldea Peña Blanca, en la subcuenca del río Pueblo Viejo, municipio de Panzos Alta Verapáz, dónde a pesar de que se le había informado al equipo que sería bienvenido y que no iba haber mayor complicación al momento de hacer la presentación ante la Asamblea, el resultado fue todo lo contrario a lo esperado.

Luego de una interrumpida presentación y de una acalorada discusión entre los comunitarios, el guía/traductor y el equipo de investigación, no se llegó a ningún consenso y los comunitarios rompieron quorum. Por lo que, a sugerencia del guía, el equipo procedió a abandonar la aldea alrededor de las 21:30 horas y retornar al camino donde se podría tomar un vehículo de regreso a Telemán a la madrugada siguiente, lo que implicó acampar a medio camino y tratar de descansar un poco.



Figura 28. Campamento establecido sobre el camino luego de no haber sido aceptados en la Aldea Peña Blanca.

Fuente: Fotografía propia.

3.3.3 Fase de campo

Posterior a la fase de gabinete y a las visitas previas a realizar el muestreo, se procedió a realizar la fase de campo, la cual consistió en el establecimiento y medición de las parcelas temporales de vegetación y en el muestreo de suelo.

Gracias a la visita de reconocimiento y a la visita previa a las comunidades, la selección del sitio de muestreo se hizo más fácil. Ahora solo era necesario recorrer las inmediaciones de los sitios ya recorridos y encontrar el lugar con los menores signos de intervención humana y con vegetación primaria.

Al definirse el sitio se procedió, con la ayuda de rafia marcada, a delimitar el perímetro de la parcela principal y de las subparcelas (Figura 29) .



Figura 29. Establecimiento y medición de una parcela temporal de medición de la vegetación.

Fuente: Fotografía propia.

Seguidamente, se procedía a la medición de todos los árboles cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP) fuera mayor a 10 cm, luego se medía la altura total del individuo y finalmente se le asignaba un código correlativo con las iniciales “CF” y luego se le asignaba un *nombre de campo* o nombre común, el cual sirvió con fines de referencia y de identificación a lo interno del equipo de investigación, muchas veces en idioma qekchí. Este número correlativo, así como el nombre común, fue el que se le asignó a la muestra botánica colectada.



Figura 30. Forma de identificación de las muestras botánicas colectadas.

Fuente: Fotografía propia.

La recolección de la muestra botánica se realizó de diversas formas, desde el uso de una rafia con un peso, hasta recolección manual a través de la escalada de los árboles por parte de los guías de campo. Estas muestras se recolectaron y se identificaron de forma preliminar en campo a través de *flagging tape* para luego ser tratadas, podadas e identificadas de mejor forma en el centro de operaciones para luego ser conservadas en bolsas con alcohol al 70 % previo a ser transportadas al herbario de la FAUSAC.



Figura 31. Identificación y almacenaje de las muestras botánicas en el centro de operaciones, previo a su transporte a la FAUSAC.

Fuente: Fotografía propia.

Además de la medición vegetal, también se tomaron muestras de suelo, a través del uso de muestreador de suelo (Figura 32). Con esta herramienta se pudo obtener una muestra de suelo (la cual contenían también raíces) a 10 cm, 20 cm y 30 cm de profundidad; tomando un total de 15 submuestras para cada parcela, dado que se muestreó cada una de las subparcelas esquematizadas en la Figura 26.

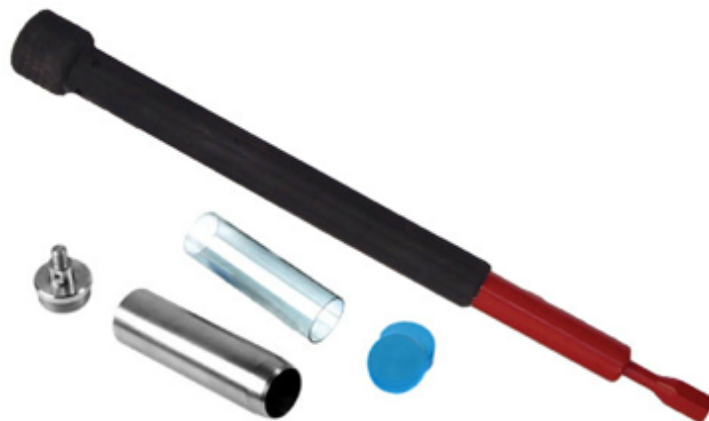


Figura 32. Muestreador de suelo utilizado para el efecto.

Fuente: www.ams-samplers.com.



Figura 33. Extracción de muestra de suelo utilizando el muestreador.

Fuente: Fotografía propia.

Finalmente, con el uso de un molde de 30 cm X 30 cm, se colectó una muestra de hojarasca en las mismas cinco subparcelas donde se tomaría la muestra de suelo. Para este caso se colectó todo el material aún pudiera identificarse como hojarasca y que estuviera en la parte superior del suelo (Figura 34).



Figura 34. Colecta de muestra de hojarasca.

Fuente: Fotografía propia.

Posterior a cada actividad de ubicación, levantamiento y medición de parcelas, la cual podía durar hasta una semana entera, lo que conllevaba estar una semana en alguna aldea de la RBSM, se procedió a tomar una semana para el manejo, preparación y clasificación de las muestras para su transporte al laboratorio de suelos, para el caso de las muestras de suelo y hojarasca; y al herbario de la FAUSAC para el caso de las muestras botánicas.

Estas actividades se repitieron para cada una de las parcelas levantadas durante todo el Ejercicio Profesional Supervisado, fase de campo que duró desde inicios de enero hasta finales de octubre de 2012.

Hay que resaltar que, si bien la fase de campo se extendió desde enero de 2012 hasta octubre del mismo año, esta se dividió en dos fases, una primera fase como apoyo al equipo de investigación del Proyecto, la cual acaba de ser descrita en los párrafos anteriores y una segunda fase completamente solo, ya sin el equipo de investigación.

3.3.4 Ampliación del área de muestreo

Posterior a que el equipo de investigación del Proyecto se retirara del país a finales de marzo de 2017, la fase de muestreo debía de continuar. Se definió que se debía de reanudar el levantamiento de parcelas junio y julio del mismo año, lo cual daría un espacio de un par de meses para preparar y manejar las muestras botánicas recolectadas en esta primera etapa, dado que había que sacarlas del estado de conservación, revisar su identificación de campo, iniciar el proceso de secado e iniciar con las determinaciones preliminares (clasificación por características comunes, familias, morfoespecies, otros).

Después de un par de visitas de reconocimiento a las cuencas del río Santiago y Jones en el mes de junio, se decidió que la segunda reunía las mejores condiciones para continuar con el muestreo, alto número de deslaves aparentemente



Figura 35. Deslave de tierra ocurrido durante el huracán Mitch. Fuente: Fotografía propia.

generados durante el huracán Mitch en 1998 con bosque secundario medible y bosques primarios con pocos signos de intervención humana significativa. Cabe señalar que la fecha de los deslaves identificados, así como la existencia de poca intervención humana en los bosques primarios fue confirmada con el guía local, Benjamín Agustín, quien ha recorrido el área durante prácticamente toda su vida.

Esta fase se extendió desde julio de 2012 hasta finales de octubre de 2012, donde con la ayuda de por lo menos dos ayudantes locales se pudo levantar información de ocho parcelas, dos de bosque primario, cinco



Figura 36. Preparación de muestra botánicas para su traslado.

Fuente: Fotografía propia.

deslaves del huracán Mitch y una parcela en un guatal. Para todas las parcelas se procedió a tomar variables dasométricas, colecta de muestra botánica, colecta de muestras de suelo y hojarasca, las cuales fueron clasificadas, secadas y preparadas para su transporte en una casa en construcción en la Aldea Morán (Figura 36 y Figura 37).



Figura 37. Muestras de suelo y hojarasca en proceso de clasificación y secado a la sombra.

Fuente: Fotografía propia.

De la fase de muestreo en la cuenca del río Santiago, en total se registraron datos de 3,245 individuos, entre árboles, arbustos y herbáceas, los cuales sirvieron no solo para ensanchar la base de datos de vegetación de la RBSM del Proyecto, sino para determinar cuales son las especies de mayor importancia en los bosques secundarios medidos y así elaborar ecuaciones alométricas.

3.3.5 Determinación de muestras botánicas y traslado de muestras de suelo y hojarasca.

Finalizada la fase de campo, se dio paso a una fase de gabinete final intensiva, ya que había que desarrollar una serie de actividades específicas con todas las muestras colectadas en campo, no solo aquellas producto del muestreo de parcelas para el Proyecto, sino también las muestras que servirían para desarrollar las ecuaciones alométricas.

- a. Muestras de suelos: si bien estas muestras fueron presecadas, identificadas y manejadas en la aldea Morán, por motivos de análisis, fue necesario cambiar el envase de bolsas plásticas a bolsas de papel, teniendo cuidado de mantener consistencia en los códigos de identificación.
- b. Muestras de hojarasca: misma situación que con los suelos, a pesar del presecado a la que fueron sometidas estas muestras en la aldea Morán, fue necesario cambiar el envase a bolsas de papel. Para ambos casos esto obedeció a requerimientos del Centro de Estudios Ambientales y Conservacionistas de la Universidad del Valle de Guatemala (CEAB-UVG), dónde estas muestras serían sometidas posteriormente a análisis de contenido de carbono.



Figura 38. Identificación y preparación de muestras de suelo y de hojarasca para su traslado a la UVG.

Fuente: Fotografía propia.

c. Muestras botánicas: en total, al herbario de la FAUSAC se trasladaron 677 especímenes provenientes tanto de la cuenca del río Motagua como de la cuenca del Río Polochic. Como primer paso, se procedió a secar las muestras, las cuales gracias a su almacenamiento y transporte en alcohol, tuvieron un *presecado* por deshidratación que esto provocó, aunque a costa de perder los colores y los olores característicos de las muestras.

Dado el volumen de las muestras, se utilizó dos tipos de equipo de secado, el primero basado en bombillos eléctricos incandescentes, los cuales calientan una cámara cerrada en la cual se almacenan las muestras; el segundo tipo de secado se basa en el uso calentadores eléctricos de aire forzado, a través de una adaptación de los métodos propuestos por Blanco et al. 2006 (Figura 39).

Según lo observado, el segundo método resultó ser más efectivo para el secado de las muestras, mostrando resultados en menor tiempo y con menor riesgo, ya que

los calentadores de aire forzado tienen un dispositivo de seguridad que los apaga en caso de sobrecalentamiento, mecanismo del cual carece el calentador a base de bombillos incandescentes.

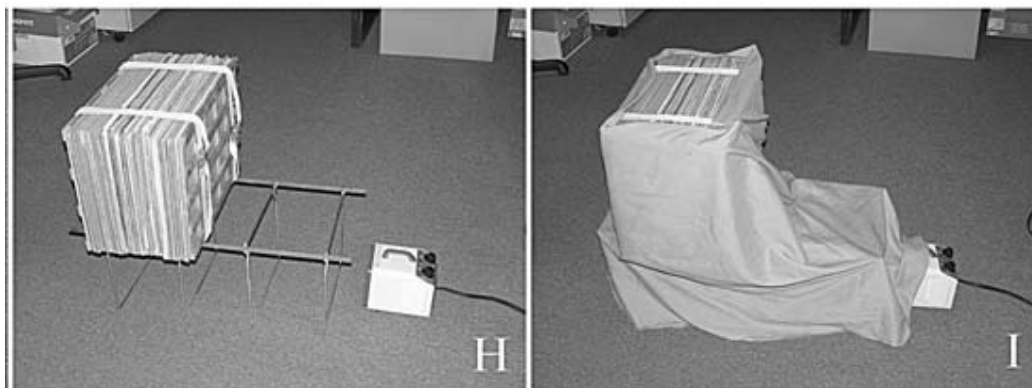


Figura 39. Ensamblaje del sistema de secado a base una calentadora eléctrica de aire forzado.

Fuente: Blanco et al. 2006.

Para ambos sistemas de secado, se tuvo que armar una *torre de muestras* con la ayuda de prensas botánicas de madera, en medio de las cuales se colocaron las muestras botánicas, siendo separadas cada una de ella por un pliego de cartón piedra, cuyas dimensiones obedecen a las usadas tradicionalmente por el herbario de la FAUSAC.

Generalmente las muestras quedaban debidamente secas con una noche en el calentador de aire forzado, tiempo que podía extenderse con la secadora a base de bombillos. La decisión respecto al contenido de humedad de las muestras se basó en la experiencia y conocimientos del curador del herbario Ing. David Mendieta, quien apoyó durante todo el proceso.

Posterior a la fase de secado, se procedió a realizar la primera fase de clasificación de las muestras, agrupándolas de forma preliminar en familias. Esto fue posible a la identificación previa en campo y a la experiencia del Ing. David Mendieta.

Con esta primera agrupación se pudo iniciar la fase de determinación botánica, trabajando por familias y gracias a la experiencia y el apoyo de los Ingenieros David Mendieta, Juan José Castillo Mont, Óscar Medinilla y Jorge Mario Vargas, se pudo llegar a determinar un buen número de especímenes a nivel de especie. Sin embargo, debido a su condición infértil, deterioro o su dificultad, hubo varios especímenes que no pudieron ser determinados a nivel de especie, por lo que quedaron únicamente a nivel de morfoespecie.

Dada la amplia gama de muestras recolectadas y a la dificultad que muchas de ellas supusieron, además de la Flora of Guatemala, se hizo uso de los siguientes materiales bibliográficos.

- Flora of Nicaragua
- A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America.
- Helechos Arborescentes de Guatemala: distribución, diversidad, usos y manejo.

Para la revisión y comparación de las muestras, además de la colección del Herbario de la FAUSAC, se utilizó base de datos digitales de los herbarios más importantes del mundo, muchos de ellos referidos en <http://www.theplantlist.org> listado en línea de todas las especies de plantas conocidas, producto de la colaboración de los Jardines Reales de Kew y el Jardín Botánico de Missouri.

Entre las bases de datos digitales de herbarios revisados están los siguientes.

- <http://www.tropicos.org/Home.aspx>
- <https://www.kew.org>
- <http://sweetgum.nybg.org>
- <https://plants.jstor.org>

Debido al gran volumen de muestras botánicas, así como de la dificultad que muchas de ellas supusieron debido al carácter infértil de las mismas, la fase de determinación se extendió desde noviembre de 2012 hasta finales de 2013. Luego de haber agotado el trabajo en el Herbario de la FAUSAC, las muestras fueron trasladadas al Herbario BIGU de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias de la USAC a manera de cruzar información de determinación y solicitar una segunda opinión, especialmente para aquellas muestras que no pudieron ser determinadas previamente.

Cabe señalar, que la gran mayoría de los especímenes fueron depositados en la colección de este último herbario por solicitud expresa de la Dra. Restrepo.

3.4 Resultados

Durante la fase efectiva del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), el cual duró enero a noviembre de 2012, se pudo apoyar al equipo de investigación del Proyecto en tareas de recolección de datos, ampliación del tamaño de la muestra, establecimiento y levantamiento de parcelas temporales de medición, así como colecta y traslado de muestras para análisis en laboratorio.

De un tamaño de muestra correspondiente a 14 parcelas, las cuales fueron levantadas y medidas entre 2009 y 2010, esta ascendió a un total de 35 parcelas durante la fase de muestreo en 2012, de las cuales las últimas ocho parcelas fueron medidas posterior a que el equipo de investigación dejara el país.

Dentro de la fase de campo se colectó, manipuló, secó, almacenó y se trasladó diversas muestras de suelos, las cuales fueron trasladadas al CEAB-UVG para su respectivo análisis.

Durante la fase de muestreo se colectaron 677 especímenes botánicos para su determinación, de los cuales se lograron determinar 321 a nivel de especie o morfoespecie (Anexo1).

3.5 Conclusiones

1. De enero a marzo de 2012 se apoyo al equipo de investigación del proyecto denominado “Deslizamientos de Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Dinámicas de Carbono en Paisajes Montañosos en Centroamérica”, en la fase de medición de vegetación y suelo en las cuencas del río Polochic y Motagua.
2. En total, durante todo el desarrollo del EPS se levantaron un total de 21 parcelas temporales de vegetación, ampliando el tamaño de la muestra del Proyecto de 14 a 35.
3. Se tomaron, manejaron, almacenaron y transportaron muestras de suelo en las cuencas de los ríos Santiago y Zarco, las cuales fueron enviadas al CEAB-UVG.
4. Producto del muestreo se colectó, manejó, almaceno, transportó y determinó un total de 677 muestras botánicas, a nivel de especie o morfoespecie en el herbario de la FAUSAC.

3.6 Bibliografía

1. Blanco, MA; Whitten, M; Penneys, DS; Williams, NH; Neubig, KM; Endara, L. 2006. A simple and safe method for rapid drying of plant specimens using forced-air space heaters. *Selbyana* 27(1):83-87. DOI: <https://doi.org/10.2307/41760265>.
2. Cai, S; Kang, X; Zhang, L. 2013. Allometric models for aboveground biomass of ten tree species in northeast China. *Annals of Forest Research* 56(1):105-122.
3. Herbario Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas. 2010. Guia para la recolección y preservación de muestras botánicas en campo (en línea). Bogotá, Colombia. 12 p. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala); PROCAFOR (Programa Regional Forestal de Centroamérica, Guatemala). 2001. Manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo centroamericano). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 264 p.
5. Matteuci, A; Colma, S. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación (en línea). México, OEA, Serie Biología, Monografía No. 22. 86 p. Consultado 10 may 2012. Disponible en <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Metodologia+para+el+estudio+de+la+Vegetacion#2>.
6. Salvador, M; Gargallo, P. 2006. Análisis factorial (en línea). Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza. Disponible en <http://www.5campus.com/leccion/factorial>.

3.7 Anexos

Cuadro 13A. Listado de especies botánicas determinadas a nivel de especie y morfoespecie.

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
1	Acanthaceae	Pseuderanthemum sp.	CF216
2	Acanthaceae	Cordoncillo	CF534
3	Acanthaceae	INDET. 537	CF569
4	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF142
5	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF186
6	Actinidiaceae	Saurauia pseudorubiformis Buscalioni	CF248
7	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF462
8	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF463
9	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF517
10	Actinidiaceae	Saurauia villosa DC.	CF596
11	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF618
12	Actinidiaceae	Saurauia sp.	CF672
13	Adoxaceae	Viburnum hartwegii Benth	CF108
14	Altingiaceae	Liquidambar styraciflua L.	CF599
15	Altingiaceae	Liquidambar styraciflua L.	CF687
16	Anacardiaceae	Toxicodendron sp.	CF289
17	Annonaceae	Guatteria grandiflora Donn. Sm.	CF011
18	Annonaceae	Guatteria grandiflora Donn. Sm.	CF151
19	Annonaceae	INDET. 519	CF545
20	Apiaceae	Arracacia amulata L. Wms	CF387
21	Apocynaceae	Tabernaemontana	CF157
22	Apocynaceae?	Ericaceae 3 P31	CF603
23	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF031
24	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF033
25	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF039
26	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF067
27	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF275
28	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF376
29	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF384
30	Aquifoliaceae	Ilex brandegeana Loes	CF410
31	Aquifoliaceae	Ilex brandegeana Loes	CF416

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
32	Aquifoliaceae	Ilex sp.	CF424
33	Aquifoliaceae	Ilex sp. 2	CF413
34	Aquifoliaceae?	Ilex?	CF282
35	Aquifoliaceae?	Ilex?	CF292
36	Aquifoliaceae?	Ilex?	CF336
37	Aquifoliaceae?	Ilex?	CF403
38	Aquifoliaceae?	Ilex?	CF679
39	Araceae	Philodendron hoffmanii Schott	CF017
40	Araceae	Anthurium lucens Standl. Ex Yuncker	CF038
41	Araceae	Diffenbachia pittieri Engl. & Krause	CF049
42	Araceae	Anthurium lucens Standl. Ex Yuncker	CF101
43	Araceae	Anthurium lucens Standl. Ex Yuncker	CF106
44	Araceae	Araceae 3	CF104
45	Araceae	Philodendron hoffmanii Schott	CF103
46	Araceae	Philodendron smithii Engler	CF105
47	Araceae	Philodendron guatemalense Engler	CF127
48	Araceae	Anthurium microspadix Schott	CF173
49	Araceae	Philodendron guatemalense Engler	CF162
50	Araceae	Diffenbachia pittieri Engl. & Krause	CF342
51	Araceae	Monstera sp.	CF341
52	Araceae	Anthurium sp. 3	CF330
53	Araceae	Anthurium subcordatum Schott	CF432
54	Araceae	Anthurium subcordatum Schott	CF438
55	Araceae	Monstera sp.	CF541
56	Araceae	Philodendron hoffmanii Schott	CF530
57	Araceae	Philodendron hoffmanii Schott	CF540
58	Araceae	Philodendron hoffmanii Schott	CF580
59	Araceae	Monstera sp.	CF680
60	Araliaceae	Oreopanax steyermarkii A.C. Smith	CF002
61	Araliaceae	Dendropanax arboreus (L.) Dcne & Planch.	CF114
62	Araliaceae	Oreopanax steyermarkii A.C. Smith	CF135
63	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF194
64	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF276
65	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF414

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
66	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF434
67	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF506
68	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF546
69	Araliaceae	Oreopanax liebmannii Marchal	CF579
70	Arecaceae	Geonoma mexicana Liebm.	CF005
71	Arecaceae	Synechanthus fibrosus Wendl.	CF022
72	Arecaceae	Chamaedorea sp. 2	CF203a
73	Arecaceae	Chamaedorea sp.	CF523
74	Arecaceae	Chamaedorea stolonifera H.A. Wendl. ex Hook	CF537
75	Arecaceae	Euterpe macrospadix Oerst.	CF509
76	Arecaceae	Geonoma undata subsp. Edulis (H.Wendl. ex Spruce) A.J.Hend.	CF499
77	Arecaceae	Chamaedorea sp.	CF684
78	Asparagaceae	Maianthemum gigas (Woodson) La Frankie	CF214
79	Asparagaceae	Maianthemum flexuosus (Bertol) La Frankie	CF381
80	Aspleniaceae	Asplenium sp.	CF130
81	Aspleniaceae	Asplenium sp.	CF179
82	Asteraceae	Critonia sp.	CF188
83	Asteraceae	Critonia sp.	CF189
84	Asteraceae	Eupatorium sp.	CF208
85	Asteraceae	Eupatorium sp.	CF222
86	Asteraceae	Baccharis sp.	CF259
87	Asteraceae	Baccharis trinervis (DC Lam.) Persoon	CF236
88	Asteraceae	Eupatorium sp.	CF243
89	Asteraceae	Verbesina sp.	CF239
90	Asteraceae	Vernonia sp.	CF260
91	Asteraceae	Vernonia tortuosa (L.) Blake	CF262
92	Asteraceae	Eupatorium sp.	CF308
93	Asteraceae	Eupatorium sp.	CF320
94	Asteraceae	Liabum discolor (Hook & Arn.) Benth & Hook f. ex Hemsl.	CF313
95	Asteraceae	Roldana acutangula H. Rob & Brettll	CF389
96	Asteraceae	INDET. 227	CF441
97	Asteraceae	Ageratina plethadenia (Standl. & Steyerm.) R.M. King & H. Rob.	CF449
98	Asteraceae	Archibaccharis asperifolia (Benth) Blake	CF467
99	Asteraceae	INDET. 302	CF456

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
100	Asteraceae	INDET. 312	CF477
101	Asteraceae	<i>Perymenium ghiesbreghtii</i> Rob & Greenm	CF459
102	Asteraceae	<i>Verbesina</i> sp.	CF455
103	Asteraceae	<i>Verbesina</i> sp.	CF465
104	Asteraceae	<i>Verbesina</i> sp.	CF469
105	Asteraceae	<i>Mikania</i> sp.	CF558
106	Asteraceae	<i>Ageratina plethadenia</i> (Standl. & Steyerm.) R.M. King & H. Rob.	CF591
107	Asteraceae	<i>Neomirandea araliaefolia</i> R.M. King & H. Rob	CF593
108	Asteraceae	<i>Verbesina lanata</i> Rob & Greenm	CF605
109	Asteraceae	<i>Neomirandea araliaefolia</i> R.M. King & H. Rob	CF619
110	Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.	CF632
111	Asteraceae	<i>Liabum discolor</i> (Hook & Arn.) Benth & Hook f. ex Hemsl.	CF652
112	Asteraceae	<i>Neomirandea araliaefolia</i> R.M. King & H. Rob	CF631
113	Asteraceae	<i>Vernonia</i> sp.	CF645
114	Asteraceae	<i>Ageratina plethadenia</i> (Standl. & Steyerm.) R.M. King & H. Rob.	CF661
115	Asteraceae	<i>Liabum discolor</i> (Hook & Arn.) Benth & Hook f. ex Hemsl.	CF673
116	Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.	CF689
117	Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.	CF379
118	Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.	CF521
119	Bignoniaceae	<i>Amphitecca</i> sp.	CF171
120	Blechnaceae	<i>Blechnum</i> sp.	CF177
121	Blechnaceae	<i>Blechnum schiedeanum</i> (Presl.) Hieron	CF215
122	Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	CF270
123	Blechnaceae	<i>Blechnum</i> sp.	CF267
124	Blechnaceae	<i>Blechnum</i> sp.	CF268
125	Blechnaceae	<i>Blechnum</i> sp.	CF269
126	Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	CF305
127	Blechnaceae	<i>Blechnum schiedeanum</i> (Presl.) Hieron	CF317
128	Blechnaceae	<i>Blechnum schiedeanum</i> (Presl.) Hieron	CF364
129	Blechnaceae	<i>Blechnum schiedeanum</i> (Presl.) Hieron	CF481
130	Blechnaceae	<i>Blechnum wardie</i> Mickel & Bertel	CF512
131	Blechnaceae	<i>Blechnum</i> sp.	CF550
132	Blechnaceae	<i>Blechnum falciforme</i> (Liebm.) C. Chr.	CF643
133	Blechnaceae	<i>Blechnum falciforme</i> (Liebm.) C. Chr.	CF657

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
134	Bromeliaceae	Hohembergiopsis guatemalensis (L.B. Smith) L. B. Smith	CF351
135	Bromeliaceae	Gregia steyermarkii L.B Smith	CF300
136	Bromeliaceae	Gregia steyermarkii L.B Smith	CF300a
137	Bromeliaceae	Vriesia montana (L.B. Smith) Sm & Pitt	CF301
138	Bromeliaceae	Gregia steyermarkii L.B Smith	CF418
139	Bromeliaceae	Pitcairnia imbricata (Brongniart) Regel	CF418a
140	Bromeliaceae	Hohembergiopsis guatemalensis (L.B. Smith) L. B. Smith	CF556
141	Bromeliaceae	Vriesia montana (L.B. Smith) Sm & Pitt	CF564
142	Bromeliaceae	Tillandsia guatemalensis L.B. Smith	CF611
143	Bromeliaceae	Tillandsia guatemalensis L.B. Smith	CF623
144	Bromeliaceae	Tillandsia guatemalensis L.B. Smith	CF646
145	Bromeliaceae	Vriesia montana (L.B. Smith) Sm & Pitt	CF647
146	Bromeliaceae	Hohembergiopsis guatemalensis (L.B. Smith) L. B. Smith	CF678
147	Bromeliaceae	Tillandsia guatemalensis L.B. Smith	CF667
148	Bromeliaceae	Tillandsia guatemalensis L.B. Smith	CF669
149	Bromeliaceae	Tillandsia guatemalensis L.B. Smith	CF670
150	Bromeliaceae	Tillandsia orogenes Standl. & L.O. Williams	CF676
151	Brunelliaceae	Brunellia mexicana Standl.	CF559
152	Burseraceae	Bursera simaruba (L.) Sarg.	CF115
153	Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense var rekoii Standl.	CF020
154	Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense var rekoii Standl.	CF102
155	Calophyllaceae	Calophyllum brasiliense var rekoii Standl.	CF136
156	Campanulaceae	Burmeistera virescens (Benth.) Benth. & Hook.f. ex Hemsl.	CF309
157	Campanulaceae	Campanulaceae 1	CF315
158	Campanulaceae	Centropogon cordifolius (Schlt.) Zahlbr.	CF311
159	Campanulaceae	Centropogon cordifolius (Schlt.) Zahlbr.	CF708
160	Celastraceae	Microtropis guatemalensis Sprage	CF422a
161	Chloranthaceae	Hedyosmum brenesii Standl.	CF266
162	Chloranthaceae	Hedyosmum mexicanum Cordemoy	CF576
163	Clethraceae	Clethra hondurensis Britton	CF277
164	Clethraceae	Clethra x parvifolia Lundell	CF279
165	Clethraceae	Clethra x parvifolia Lundell	CF310
166	Clethraceae	Clethra galeottiana Briq.	CF452
167	Clethraceae	Clethra hondurensis Britton	CF478

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
168	Clethraceae	Clethra pachecoana Standl. & Steyererm.	CF552
169	Clethraceae	Clethra hondurensis Britton	CF612
170	Clethraceae	Clethra pachecoana Standl. & Steyererm.	CF602
171	Clusiaceae	Clusia massoniana Lundell	CF047
172	Clusiaceae	Clusia massoniana Lundell	CF316
173	Costaceae	Costus villosissimus Jacq.	CF204
174	Costaceae	Costus sp.	CF264
175	Cunoniaceae	Weinmannia pinnata L.	CF372
176	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF006
177	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF019
178	Cyatheaceae	Alsophila salvinii Hook.	CF080
179	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF091
180	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF211
181	Cyatheaceae	Cyathea microdonta (Desv) Domin	CF183
182	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF191
183	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF213
184	Cyatheaceae	Alsophila salvinii Hook.	CF295
185	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF291
186	Cyatheaceae	Cyathea fulva (M. Martens & Gal) Fée	CF321
187	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF370
188	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF476
189	Cyatheaceae	Alsophila salvinii Hook.	CF501
190	Cyatheaceae	Alsophila tryoniana (Gastony) D. S. Conant	CF502
191	Cyatheaceae	Alsophila tryoniana (Gastony) D. S. Conant	CF508
192	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF513
193	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF524
194	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF520
195	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF547
196	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF557
197	Cyatheaceae	Alsophila tryoniana (Gastony) D. S. Conant	CF582
198	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF588
199	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF588a
200	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF610
201	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF607

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
202	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF617
203	Cyatheaceae	Cyathea sp.	CF634
204	Cyatheaceae	Sphaeropteris horrida (Liebm.) R.M. Tryon	CF640
205	Cyatheaceae	Alsophila salvinii Hook.	CF658
206	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF665
207	Cyatheaceae	Cyathea divergens var tuerckheimi (Maxon) R.M. Tryon	CF705
208	Cyclanthaceae	Carludovica utilis (Oerst.) Benth & Hook ex Hemsl.	CF013
209	Cyperaceae	Scleria sp.	CF190
210	Cyperaceae	Cyperacea fina	CF235
211	Cyperaceae	Rhynchospora sp.	CF246
212	Cyperaceae	Scleria sp.	CF247
213	Cyperaceae	Rhynchospora sp.	CF691
214	Davalliaceae	Elaphoglossum sp.	CF219
215	Dennstaedtiaceae	Pteridium caudatum (L.) Maxon	CF244
216	Dennstaedtiaceae	Pteridium caudatum (L.) Maxon	CF245
217	Dennstaedtiaceae	Hypolepis repens (L.) C. Presl.	CF690
218	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF032
219	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF210
220	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF212
221	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF319
222	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF322
223	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF325
224	Dicksoniaceae	Culcita conifolia (Hook) Maxon	CF507
225	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF608
226	Dicksoniaceae	Lophosoria quadripinnata (J.F. Gmel) C. Chr.	CF644
227	Dryopteridaceae	Didymochlaena truncatula J. Sm.	CF163
228	Dryopteridaceae	Stigmatopteris longicaudata (Liebm.) C Chr.	CF176
229	Ericaceae	Cavendishia bracteata (Ruiz & Pavan ex J. St. Hi) Haerold	CF333
230	Ericaceae	Satyria meiantha Donn. Sm.	CF314
231	Ericaceae	Vaccinium posanum Donn. Sm.	CF304
232	Ericaceae	Gaultheria erecta Vent.	CF385
233	Ericaceae	Vaccinium selenianum (Loesner) Sleumer	CF386
234	Ericaceae	Cavendishia bracteata (Ruiz & Pavan ex J. St. Hi) Haerold	CF566
235	Ericaceae	Gaultheria erecta Vent.	CF551

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
236	Ericaceae	Gaultheria erecta Vent.	CF600
237	Ericaceae	Gaultheria erecta Vent.	CF624
238	Ericaceae	Cavendishia bracteata (Ruiz & Pavan ex J. St. Hi) Haerold	CF635
239	Ericaceae	Gaultheria erecta Vent.	CF648
240	Ericaceae	Vaccinium posanum Donn. Sm.	CF639
241	Ericaceae	Gaultheria erecta Vent.	CF677
242	Ericaceae	Vaccinium posanum Donn. Sm.	CF681
243	Euphorbiaceae	Tetrorchidium brevifolium Standl. & Steyerl.	CF001
244	Euphorbiaceae	Tetrorchidium brevifolium Standl. & Steyerl.	CF014
245	Euphorbiaceae	Tetrorchidium	CF128
246	Euphorbiaceae	Tetrorchidium brevifolium Standl. & Steyerl.	CF133
247	Euphorbiaceae	Acalypha sp.	CF250
248	Euphorbiaceae	Acalypha sp.	CF255
249	Euphorbiaceae	Acalypha?	CF472
250	Euphorbiaceae	Tetrorchidium brevifolium Standl. & Steyerl.	CF525
251	Leguminosae	Inga sp.	CF021
252	Leguminosae	Inga sp.	CF071
253	Leguminosae	Lonchocarpus sp.	CF054
254	Leguminosae	Pithecelobium sp.	CF012
255	Leguminosae	Lonchocarpus sp.	CF060
256	Leguminosae	Lonchocarpus sp.	CF064
257	Leguminosae	Inga sp.	CF095
258	Leguminosae	Pithecelobium sp.	CF082
259	Leguminosae	Inga sp.	CF116
260	Leguminosae	Inga sp.	CF152
261	Leguminosae	Inga sp.	CF169
262	Leguminosae	Mimosa albida Humb. Bonpl ex Willd	CF458
263	Leguminosae	Inga sp.	CF544
264	Leguminosae	Inga vera Willd.	CF709
265	Fagaceae	Quercus acatenangensis Trel.	CF069
266	Fagaceae	Quercus sp. 7	CF138
267	Fagaceae	Quercus benthamii A. DC	CF271
268	Fagaceae	Quercus benthamii A. DC	CF312
269	Fagaceae	Quercus sp. 4	CF394

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
270	Fagaceae	Quercus sp. 5	CF445
271	Gentianaceae	Lisianthus skinneri (Hemsl.) Kuntze	CF055
272	Gesneriaceae	Kohleria lanata Lemaire	CF249
273	Gesneriaceae	Codonanthesis	CF536
274	Gesneriaceae	Besleria	CF567
275	Gleicheniaceae	Sticherus bifidus (Willd) Ching	CF062
276	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF182
277	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF234
278	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF297
279	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF298
280	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF296
281	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF483
282	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF548
283	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF549
284	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF598
285	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF589
286	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF590
287	Gleicheniaceae	Dicranopteris flexuosa (Schrad) Underwood	CF615
288	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF620
289	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF616
290	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF654
291	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF655
292	Gleicheniaceae	Diploterygium branfroftii (Hook) A.R. Sm.	CF674
293	Gleicheniaceae	Sticherus bifidus (Willd) Ching	CF663
294	Gleicheniaceae	Sticherus bifidus (Willd) Ching	CF664
295	Gleicheniaceae	Sticherus bifidus (Willd) Ching	CF675
296	Gleicheniaceae	Sticherus brevipubis (H. Christ.) A.R. Sm.	CF685
297	Haemodoraceae	Xiphidium caeruleum Aubl.	CF221
298	Helecho	Helecho 4	CF484
299	Heliconiaceae	Heliconia sp.	CF174
300	Heliconiaceae	Heliconia sp.	CF232
301	Heliconiaceae	Heliconia adflexa (Girggs) Standl.	CF229
302	Heliconiaceae	Heliconia sp.	CF228
303	Hydrangeaceae	Philadelphus	CF642

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
304	Hypericaceae	Vismia?	CF519
305	Icacinaceae	Calatola	CF150
306	Indeterminada	INDET. 026	CF036
307	Indeterminada	INDET. 058	CF094
308	Indeterminada	INDET. 074	CF113
309	Indeterminada	INDET. 083	CF124
310	Indeterminada	INDET. 086	CF129
311	Indeterminada	INDET. 097	CF139
312	Indeterminada	Gesneriaceae?	CF218
313	Indeterminada	INDET. 031	CF287
314	Indeterminada	INDET. 224	CF436
315	Indeterminada	INDET. 307	CF468
316	Indeterminada	INDET. 556	CF630
317	Indeterminada	INDET. 573	CF697
318	Indeterminada	INDET. 574	CF698
319	Indeterminada	INDET. 575	CF701
320	Juglandaceae	Oreomunnea mexicana (Standl.) J. F. Leroy	CF175
321	Juglandaceae	Oreomunnea mexicana (Standl.) J. F. Leroy	CF273
322	Lauraceae	Ocotea veraguensis (Meissn) Mez	CF015
323	Lauraceae	Ocotea veraguensis (Meissn) Mez	CF028
324	Lauraceae	Ocotea veraguensis (Meissn) Mez	CF068
325	Lauraceae	Ocotea veraguensis (Meissn) Mez	CF079
326	Lauraceae	Persea americana Miller	CF053
327	Lauraceae	Persea americana Miller	CF076
328	Lauraceae	Persea rufescens Lundell	CF009
329	Lauraceae	Persea rufescens Lundell	CF026
330	Lauraceae	Persea rufescens Lundell	CF066
331	Lauraceae	Nectandra sp. 1	CF035
332	Lauraceae	Ocotea acuminatissima (Lundell) Rohwer	CF085
333	Lauraceae	Ocotea helicterifolia Hemley	CF107
334	Lauraceae	Ocotea sp. 1	CF089
335	Lauraceae	Persea rufescens Lundell	CF084
336	Lauraceae	Persea rufescens Lundell	CF093
337	Lauraceae	Ocotea sp.	CF125

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
338	Lauraceae	Ocotea sp. 2	CF121
339	Lauraceae	Ocotea sp.	CF165
340	Lauraceae	Persea americana Miller	CF140
341	Lauraceae	Lauraceae ?2	CF353
342	Lauraceae	Lauraceae 15	CF354
343	Lauraceae	Lauraceae 20	CF339
344	Lauraceae	Nectandra sp. 1	CF290
345	Lauraceae	Nectandra sp. 1	CF294
346	Lauraceae	Nectandra sp. 1	CF335
347	Lauraceae	Ocotea sp. 4	CF348
348	Lauraceae	Persea americana Miller	CF280
349	Lauraceae	Persea americana Miller	CF281
350	Lauraceae	Persea americana Miller	CF286
351	Lauraceae	Beilschmiedia sp. 1	CF371
352	Lauraceae	Persea americana Miller	CF366
353	Lauraceae	Persea americana Miller	CF374
354	Lauraceae	Beilschmiedia oxalioides la Nishida	CF401
355	Lauraceae	Beilschmiedia sp.	CF396
356	Lauraceae	Beilschmiedia sp.	CF429
357	Lauraceae	Beilschmiedia sp.	CF430
358	Lauraceae	Beilschmiedia sp.	CF439
359	Lauraceae	Ocotea salvinii Mez	CF417
360	Lauraceae	Persea americana Miller	CF404
361	Lauraceae	Persea sp.	CF397
362	Lauraceae	Lauraceae ?3	CF475
363	Lauraceae	Ocotea acuminatissima (Lundell) Rohwer	CF470
364	Lauraceae	Persea sp.	CF514
365	Lauraceae	Persea americana Miller	CF568
366	Lauraceae?	Lauraceae ?1	CF096
367	Lauraceae?	INDET. 076	CF117
368	Lauraceae?	Lauraceae ?4	CF132
369	Lycopodiaceae	Lycopodium clavatum L.	CF299
370	Lycopodiaceae	Lycopodium clavatum L.	CF604
371	Lycopodiaceae	Huperzia hartwegiana (Spring) Trevis	CF637

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
372	Lycopodiaceae	Lycopodiella cernua (L.) Pic. Serm.	CF666
373	Lythraceae	Cuphea sp. 1	CF254
374	Malvaceae	Quararibea funebris (La Llave) Vischer	CF024
375	Malvaceae	Quararibea funebris (La Llave) Vischer	CF070
376	Malvaceae	Triumfetta bogotensis DC	CF206
377	Malvaceae	Triumfetta bogotensis DC	CF223
378	Malvaceae	Pisch	CF695
379	Marantaceae	Calathea sp.	CF220
380	Marattiaceae	Marattia interposita H. Christ.	CF178
381	Marattiaceae	Danaea cuspidata Liebm.	CF504
382	Marattiaceae	Marattia excavata Underw.	CF522
383	Marattiaceae	Danaea sp.	CF581
384	Marattiaceae	Danaea cuspidata Liebm.	CF592
385	Melastomataceae	Miconia hiperprosina Naudin	CF003
386	Melastomataceae	Miconia sp.	CF040
387	Melastomataceae	Miconia sp. 1	CF004
388	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF065
389	Melastomataceae	Miconia hiperprosina Naudin	CF048
390	Melastomataceae	Miconia sp.	CF051
391	Melastomataceae	Miconia sp.	CF058
392	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF083
393	Melastomataceae	Conostegia hirtella Cogn	CF193
394	Melastomataceae	Miconia sp.	CF209
395	Melastomataceae	Triumfetta bogotensis DC	CF217
396	Melastomataceae	Clidemia dentata D. Don.	CF238
397	Melastomataceae	Clidemia sp.	CF253
398	Melastomataceae	Clidemia tuerckheimii (Donn Sm.) Gleason	CF251
399	Melastomataceae	Miconia sp.	CF237
400	Melastomataceae	Miconia livida Triana	CF272
401	Melastomataceae	Conostegia hirtella Cogn	CF331
402	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF303
403	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF324
404	Melastomataceae	Miconia livida Triana	CF318
405	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF375

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
406	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF377
407	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF380
408	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF425
409	Melastomataceae	Miconia sp.	CF440
410	Melastomataceae	Conostegia sp.	CF457
411	Melastomataceae	Tibouchina sp.	CF479
412	Melastomataceae	Conostegia hirtella Cogn	CF538
413	Melastomataceae	Conostegia hirtella Cogn	CF577
414	Melastomataceae	Conostegia hirtella Cogn	CF587
415	Melastomataceae	Miconia livida Triana	CF572
416	Melastomataceae	Miconia glaberrima (Schlt.) Naudin	CF662-A
417	Melastomataceae	Miconia sp.	CF702
418	Melastomataceae	Miconia sp.	CF710
419	Melastomataceae	Miconia sp.	CF711
420	Meliaceae	Cedrela sp.	CF008
421	Meliaceae	Guarea sp.	CF518
422	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF007
423	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF050
424	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF077
425	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF061
426	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF090
427	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF100
428	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF119
429	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF161
430	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF172
431	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF146
432	Monimiaceae	Mollinedia viridiflora Tul.	CF153
433	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF355
434	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF503
435	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF542
436	Monimiaceae	Mollinedia angustata Lundell	CF578
437	Monimiaceae?	Mollinedia?	CF097
438	Monimiaceae?	Mollinedia?	CF543
439	Moraceae	INDET. 092	CF030

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
440	Moraceae	INDET. 092	CF122
441	Moraceae	INDET. 092	CF143
442	Moraceae	INDET. 092	CF159
443	Moraceae	INDET. 092	CF168
444	Myricaceae	Morella cerifera (L.) Small	CF307
445	Myricaceae	Morella cerifera (L.) Small	CF480
446	Myricaceae	Morella cerifera (L.) Small	CF609
447	Myricaceae	Morella cerifera (L.) Small	CF621
448	Myristicaceae	Virola	CF075
449	Myristicaceae	Virola	CF123
450	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF073
451	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF092
452	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF098
453	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF160
454	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF164
455	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF326
456	Myrtaceae	Calyptranthes paxillata McVaugh	CF346
457	Myrtaceae	Eugenia sp. 2	CF284
458	Myrtaceae	Ugni montana (Benth) Berg	CF373
459	Myrtaceae	Ugni montana (Benth) Berg	CF383
460	Myrtaceae	Eugenia sp.	CF442
461	Myrtaceae	Eugenia sp. 1	CF400
462	Myrtaceae	Eugenia sp. 1	CF415
463	Myrtaceae	INDET. 500	CF500
464	Myrtaceae	Eugenia sp.	CF575
465	Myrtaceae	Eugenia sp. 3	CF585
466	Onagraceae	Fuchsia paniculata Lindl.	CF473
467	Onagraceae	Fuchsia paniculata Lindl.	CF703
468	Orchidaceae	Sobralia sp.	CF302
469	Orchidaceae	Elleanthus cynarocephalus (Rchb f.) Rchb f.	CF560a
470	Orchidaceae	Epidendrum mixtum	CF562
471	Orchidaceae	Maxillaria sp.	CF561
472	Orchidaceae	Sobralia sp.	CF555
473	Orchidaceae	Specklinia sp.	CF560

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
474	Orchidaceae	Maxillaria sp.	CF613
475	Orchidaceae	Scaphyglottis livida (Lindl.) Schlt.	CF606
476	Orchidaceae	Sobralia sp.	CF597
477	Orchidaceae	Dracontia tuerckheimi (Schltr) Luer	CF625
478	Orchidaceae	Epidendrum sp.	CF622
479	Orchidaceae	Epidendrum sp.	CF626
480	Orchidaceae	Elleanthus cynarocephalus (Rchb f.) Rchb f.	CF653
481	Orchidaceae	Encyclia sp.	CF649
482	Orchidaceae	Epidendrum mixtum	CF638
483	Orchidaceae	Epidendrum ramosum Jacq.	CF650
484	Orchidaceae	Maxillaria sp.	CF651
485	Orchidaceae	Sobralia sp.	CF656
486	Orchidaceae	Epidendrum aberrans	CF662
487	Orchidaceae	Maxillaria sp.	CF682
488	Pentaphragmaceae	Cleyera sp.	CF285
489	Pentaphragmaceae	Cleyera sp.	CF344
490	Pentaphragmaceae	Cleyera theaeoides (Sw.) Choisy	CF363
491	Pentaphragmaceae	Cleyera theaeoides (Sw.) Choisy	CF365
492	Pentaphragmaceae	Cleyera sp.	CF395
493	Pentaphragmaceae	Cleyera sp.	CF407
494	Pentaphragmaceae	Cleyera sp.	CF422
495	Pentaphragmaceae	Cleyera theaeoides (Sw.) Choisy	CF398
496	Pentaphragmaceae	Cleyera theaeoides (Sw.) Choisy	CF420
497	Pentaphragmaceae	Freziera guatemalensis (Donn. Sm.) Kobuski	CF553
498	Phyllanthaceae	Hieronyma guatemalensis Standl. & Steyerm.	CF072
499	Phyllanthaceae	Hieronyma guatemalensis Standl. & Steyerm.	CF043
500	Phyllanthaceae	Hieronyma guatemalensis Standl. & Steyerm.	CF283
501	Phyllanthaceae	Hieronyma guatemalensis Standl. & Steyerm.	CF288
502	Phyllanthaceae	Hieronyma guatemalensis Standl. & Steyerm.	CF583
503	Phyllonomaceae	Phyllonoma cacuminis Standl. & Steyerm.	CF037
504	Phyllonomaceae	Phyllonoma cacuminis Standl. & Steyerm.	CF087
505	Phyllonomaceae	Phyllonoma cacuminis Standl. & Steyerm.	CF343
506	Phyllonomaceae	Phyllonoma	CF641
507	Pinaceae	Pinus sp. A	CF362

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
508	Pinaceae	"Pinabete"	CF412
509	Pinaceae	Pinus maximinoi H.E. Moore	CF453
510	Pinaceae	Pinus maximinoi H.E. Moore	CF563
511	Pinaceae	Pinus maximinoi H.E. Moore	CF601
512	Pinaceae	Pinus maximinoi H.E. Moore	CF628
513	Pinaceae	Pinus maximinoi H.E. Moore	CF636
514	Pinaceae	Pinus maximinoi H.E. Moore	CF671
515	Pinaceae	Pinus sp. C	CF668
516	Piperaceae	Peperomia asarifolia Schlecht & Cham	CF126
517	Piperaceae	Piper variable C. DC ex Donn. Sm.	CF154
518	Piperaceae	Piper sp.	CF196
519	Piperaceae	Piper variable C. DC ex Donn. Sm.	CF203
520	Piperaceae	Piper sp.	CF263
521	Piperaceae	Piper sp.	CF332
522	Piperaceae	Peperomia cobanensis C DC.	CF433
523	Piperaceae	Piper sp.	CF704
524	Poaceae	Merostachys pauciflora Swaller	CF056
525	Poaceae	Panicum sp.	CF180
526	Poaceae	Aristida sp.	CF261
527	Poaceae	zacate 1	CF242
528	Poaceae	Lasiacis divaricata (L.) A. Hitchc	CF382
529	Poaceae	Carrizo candela	CF451
530	Poaceae	Panicum sp.	CF461
531	Poaceae	Lasiacis sp.	CF565
532	Poaceae	Merostachys pauciflora Swaller	CF686
533	Poaceae	Panicum sp.	CF692
534	Polypodiaceae	Polypidium sp.	CF306
535	Primulaceae	Ardisia sp. 7	CF046
536	Primulaceae	Ardisia sp. 7	CF063
537	Primulaceae	Myrsine juergensenii (Mez) Riebetson & Pipoly	CF086
538	Primulaceae	Parathesis sp.	CF131
539	Primulaceae	Ardisia sp.	CF156
540	Primulaceae	Ardisia sp.	CF224
541	Primulaceae	Ardisia sp.	CF278

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
542	Primulaceae	Ardisia sp. a	CF293
543	Primulaceae	Ardisia sp. c	CF345
544	Primulaceae	Ardisia sp. c	CF359
545	Primulaceae	Parathesis izabalensis Lundell	CF361
546	Primulaceae	Parathesis sp. 1	CF337
547	Primulaceae	Gentlea micranthera (Donn. Sm.) Lundell	CF388
548	Primulaceae	Ardisia sp.	CF428
549	Primulaceae	Ardisia sp. 1	CF423
550	Primulaceae	Ardisia sp. a	CF443
551	Primulaceae	Gentlea micranthera (Donn. Sm.) Lundell	CF406
552	Primulaceae	Parathesis skutchii Lundell	CF419
553	Primulaceae	Parathesis sp.	CF409
554	Primulaceae	Myrsine coriacea (Shartz) R. Br. Ex Roem & Schult	CF454
555	Primulaceae	Myrsinaceae sp. 6	CF533
556	Primulaceae	Myrsinaceae sp. 6	CF688
557	Primulaceae	Myrsine coriacea (Shartz) R. Br. Ex Roem & Schult	CF700
558	Primulaceae	Parathesis sp.	CF706
559	Proteaceae	Roupala borealis Hemsl.	CF041
560	Pteridaceae	Pityrogramma camelolanos (L.) Link	CF328
561	Rhamnaceae	Rhamnus	CF427
562	Rhamnaceae	Rhamnus sp.	CF464
563	Rhamnaceae	Rhamnus sp.	CF471
564	Rhamnaceae	Rhamnus sp.	CF474
565	Rhamnaceae/Celastraceae	INDET. 015	CF016
566	Rosaceae	Rubus sp.	CF257
567	Rosaceae	Rubus sp.	CF460
568	Rubiaceae	Arachnothryx pansamalana (Standl.) Borhidi	CF052
569	Rubiaceae	Arachnothryx pansamalana (Standl.) Borhidi	CF078
570	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF023
571	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF027
572	Rubiaceae	Psychotria elata (Sw.) Hammel	CF010
573	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF018
574	Rubiaceae	Tocoyena sp.	CF025
575	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF059

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
576	Rubiaceae	Tocoyena sp.	CF034
577	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF094a
578	Rubiaceae	Genipa sp.	CF110
579	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF112
580	Rubiaceae	Psychotria sp. 2	CF111
581	Rubiaceae	Psychotria sp. 2	CF118
582	Rubiaceae	Arachnothryx deamii (Donn Sm.) Borhidi	CF147
583	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF137
584	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF155
585	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF158
586	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF166
587	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF167
588	Rubiaceae	Psychotria sp. 2	CF170
589	Rubiaceae	Psychotria sp. 3	CF145
590	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF184
591	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF192
592	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF225
593	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF187
594	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF198
595	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF199
596	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF202
597	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF207
598	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF231
599	Rubiaceae	Rogiera sp.	CF185
600	Rubiaceae	Sommerera guatemalensis Standl.	CF227
601	Rubiaceae	Arachnothryx pansamalana (Standl.) Borhidi	CF240
602	Rubiaceae	Borreria sp.	CF241
603	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF349
604	Rubiaceae	Psychotria aubletiana Steyerm.	CF350
605	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF347
606	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF323
607	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF334
608	Rubiaceae	Sommerera guatemalensis Standl.	CF327
609	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF378

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
610	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF426
611	Rubiaceae	Elaeagia auriculata Hemsl.	CF526
612	Rubiaceae	INDET. 507	CF515
613	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF539
614	Rubiaceae	Psychotria sp. 4	CF505
615	Rubiaceae	Psychotria sp. 4	CF510
616	Rubiaceae	Psychotria sp. 4	CF511
617	Rubiaceae	Sommerera guatemalensis Standl.	CF528
618	Rubiaceae	Tocoyena sp. 1	CF516
619	Rubiaceae	Sommerera guatemalensis Standl.	CF554
620	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF570
621	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF571
622	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF574
623	Rubiaceae	INDET. 548	CF594
624	Rubiaceae	Sommerera guatemalensis Standl.	CF627
625	Rubiaceae	Arachnothryx deamii (Donn Sm.) Borhidi	CF660
626	Rubiaceae	Sommerera guatemalensis Standl.	CF659
627	Rubiaceae	Hoffmania sp.	CF713
628	Rubiaceae	Palicourea galeottiana Mort	CF707
629	Rubiaceae	Psychotria sp.	CF694
630	Rutaceae	Zanthoxylon sp. a	CF367
631	Rutaceae	Zanthoxylon sp. a	CF368
632	Rutaceae	Zanthoxylon sp.	CF408
633	Rutaceae	Zanthoxylon sp.	CF431
634	Rutaceae	Zanthoxylon sp.	CF437
635	Sabiaceae	Meliosma sp.	CF109
636	Salicaceae	Casearia	CF531
637	Sapindaceae	Billia hippocastanum Peyr.	CF044
638	Sapindaceae	Matayba oppositifolia (A. Rich.) Britton	CF045
639	Sapindaceae	Matayba oppositifolia (A. Rich.) Britton	CF057
640	Sapindaceae	Matayba oppositifolia (A. Rich.) Britton	CF081
641	Sapindaceae	Sapindaceae/Cedrella?	CF148
642	Sapindaceae	Sapindaceae?	CF141
643	Sapindaceae	Billia hippocastanum Peyr.	CF586

No.	Familia	Nombre Científico	Cod. Colección
644	Sapotaceae?	Sapotaceae?	CF120
645	Siparunaceae	Siparuna nicaraguensis Hemsl.	CF195
646	Siparunaceae	Siparuna nicaraguensis Hemsl.	CF226
647	Siparunaceae	Siparuna	CF252
648	Solanaceae	Solanum sp.	CF099
649	Solanaceae	Witheringia sp.	CF197
650	Solanaceae	Witheringia sp.	CF200
651	Solanaceae	Solanaceae sp.	CF256
652	Solanaceae	Lycianthes ceratocalycia (Donn. Sm.) Bitter	CF435
653	Solanaceae	Solanum sp.	CF696
654	Solanaceae?	Cestrum?	CF149
655	Staphyleaceae	Turpinia occidentalis (Swartz.) G. Don.	CF144
656	Staphyleaceae	Turpinia occidentalis (Swartz.) G. Don.	CF529
657	Staphyleaceae	Turpinia occidentalis (Swartz.) G. Don.	CF532
658	Styracaceae	Styrax sp.	CF352
659	Styracaceae	Styrax sp.	CF402
660	Symplocaceae	Symplocos vatteri Standl. & Steyerem.	CF369
661	Symplocaceae	Symplocos sp.	CF405
662	Symplocaceae	Symplocos sp.	CF421
663	Thelypteridaceae	Thelypteris sp.	CF201
664	Thelypteridaceae	Thelypteris deflexa (C. Presl.) R.M. Tryon	CF181
665	Thelypteridaceae	Thelypteris deflexa (C. Presl.) R.M. Tryon	CF265
666	Thelypteridaceae	Thelypteris sp.	CF329
667	Thelypteridaceae	Macrothelypteris torresiana (Gaudich) Ching	CF693
668	Thymelaeaceae	Cantarito	CF535
669	Thymelaeaceae	INDET. 550	CF614
670	Ticodendraceae	Ticodendrum incognitum Gomez Laurito & Gomez P.	CF573
671	Ulmaceae	Trema micrantha (L.) Blume	CF595
672	Urticaceae	Cecropia peltata L.	CF258
673	Urticaceae	Cecropia peltata L.	CF683
674	Urticaceae	Urera sp.	CF712
675	Verbenaceae	Lippia substrigosa Turcz	CF466
676	Winteraceae	Drimys granadensis L.f.	CF399
677	Zingiberacea	Renealmia aromatica (Aubl.) Griseb.	CF205

