ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Oscar Ernesto
Medinilla Sánchez

Tesis doctoral

Relación entre el bioclima y la vegetación en el cuadrante suroccidental de la Sierra de las Minas, Guatemala.

Santiago de Compostela, 2022

Programa de doctorado en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural

TESE DE DOUTORAMENTO

RELACIÓN ENTRE EL BIOCLIMA Y LA VEGETACIÓN EN EL CUADRANTE SUROCCIDENTAL DE LA SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA

Óscar Ernesto Medinilla Sánchez

ESCOLA DE DOUTORAMENTO INTERNACIONAL DA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN BIODIVERSIDADE E CONSERVACIÓN DO MEDIO NATURAL

SANTIAGO DE COMPOSTELA

2022

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

DECLARACIÓN DEL AUTOR/A DE LA TESIS

D./Dña. **Óscar Ernesto Medinilla Sánchez**

Título de la tesis: Relación entre el Bioclima y la Vegetación en el Cuadrante Suroccidental de la Sierra de las Minas, Guatemala

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento y declaro que:

1) La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.
2) De ser el caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.
3) Confirmo que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.
4) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide la versión impresa con la presentada en formato electrónico.

Y me comprometo a presentar el Compromiso Documental de Supervisión en el caso que el original no esté depositado en la Escuela.

En **Santiago de Compostela**, **27 de abril de 2022**.

Firma electrónica

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR/TUTOR DE LA TESIS

D./Dña. **Joaquín Giménez de Azcárate Cornide**

En condición de: **Tutor/a y director/a**

Título de la tesis: **RELACIÓN ENTRE EL BIOCLIMA Y LA VEGETACIÓN EN EL CUADRANTE SUROCCIDENTAL DE LA SIERRA DE LAS MINAS, GUATEMALA**

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D/Dña **Óscar Ernesto Medinilla Sánchez**, bajo mi dirección/tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director/tutor de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

En **Santiago de Compostela**, **27 de abril de 2022**

Firma electrónica

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMO **11**
RESUMEN **12**
SUMMARY **13**
1 INTRODUCCIÓN **15**
1.1. GUATEMALA TIERRA DE ÁRBOLES 15
1.2. JUSTIFICACIÓN 15
1.3. ANTECEDENTES BOTÁNICOS 16
1.4. ANTECEDENTES GEOBOTÁNICOS 19
1.5. ANTECEDENTES DE CONSERVACIÓN 21
2 OBJETIVOS **23**
2.1. OBJETIVO GENERAL 23
2.1.1. ESPECÍFICOS 23
2.2. HIPÓTESIS 23
3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRITORIO **25**
3.1 ÁREA DE ESTUDIO 25
3.2. BIOGEOGRAFÍA Y DIVERSIDAD 26
3.3. LA REGIÓN EN EL CONTEXTO BIOGEOGRÁFICO MESOAMERICANO 27
3.4. TIPOLOGÍA BIOGEOGRÁFICA 27
3.5. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA 28
3.6. GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS 29
3.7. CLIMATOLOGÍA 31
3.8. HABITANTES Y NÚCLEOS POBLACIONALES 34
3.9. AGRICULTURA, GANADERÍA Y MINERÍA 36
3.10. ASPECTOS LEGALES Y CONSERVACIÓN 37
4 MATERIALES Y MÉTODOS **39**
4.1. ESTACIONES DE REFERENCIA 39
4.2. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO 40
4.3. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN 42
4.4. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA 46
5 RESULTADOS **49**
5.1. BIOCLIMATOLOGÍA 49
5.1.1. DIAGNOSIS DE LAS ESTACIONES 49
5.1.2. DIAGRAMAS OMBROTÉRMICOS 50
5.1.3. EXPRESIÓN TERRITORIAL DE LAS UNIDADES BIOCLIMÁTICAS 55
5.1.4. BIOCLIMAS PERIFÉRICOS 58
5.2. VEGETACIÓN 58
5.2.1. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN 59
5.2.2. *Análisis* DE LOS BOSQUES PERENNIFOLIOS DE MONTAÑA. 67
5.2.2.1. *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii. ass. nova prov.* 67
5.2.2.2. *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae ass. nova prov.* 70
5.2.2.3. *Querco sapotifoliae - Pinetum maximinoi ass. nova prov.* 73
5.2.2.4. *Asociación Querco penducularis - Pinetum oocarpae ass nov prov* 76
5.2.2.5. *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae ass. nova prov.* 79
5.2.3. ANÁLISIS PARA LOS BOSQUES CADUCIFOLIOS DE VALLE Y PLANICIE 82
5.2.3.1. *Asociación Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. typicum ass. nova* 82
5.2.3.2. *Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae ass nova prov.* 87
5.2.3.3. *Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae ass nova prov* 90
5.2.3.4. *Cardiospermo halicacabi -Haematoxyletum brasilettae ass nova prov.* 93
5.2.3.5. *Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae ass nova prov.* 96
5.2.4. PISOS DE VEGETACIÓN 100

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.2.5. ESTADO DE CONSERVACIÓN 103
5.3. ANÁLISIS DE LA FLORA 104
5.3.1 ENDEMISMO 107
5.3.2 FITOGEOGRAFÍA DE LAS FAMILIAS 108
5.3.3 ESTATUS DE PROTECCIÓN 110
6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 113
7 CONCLUSIONES 119
8 ANEXOS 121
ANEXO1. CATÁLOGO FLORÍSTICO 121
ANEXO 2. LISTADO DE ESPECIES AMENAZADAS EN GUATEMALA 151
ANEXO 3. CATÁLOGO FOTOGRÁFICO 155
9 BIBLIOGRAFÍA 175
AGRADECIMIENTOS 193

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

LISTA DE ACRÓNIMOS

AACID	Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ASS. NOV.PROV.	Forma abreviada del latín *Associatio Nova Provisorium*, Nueva Asociación Provisional.
AS	Años de servicio (de una estación meteorológica)
CDB	Convention on Biological Diversity (Convenio sobre la Diversidad Biológica)
CECON	Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
COP10	Tenth meeting of the Conference of the Parties Conference of the Parties -CDB (Décima reunión de la Conferencia de las Partes Conferencia de las Partes -CDB)
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
DAM, DAM^2	Decametro, Decámetro cuadrado
ELEV.	Elevación en metros o decámetros sobre el nivel del mar
ENCOVI	Encuesta Nacional de Condiciones de Vida
EST.	Estación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAUSAC	Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza
FIPA	Proyecto de Fortalecimiento Institucional Política Ambiental
JSTOR	Journal STORage, sistema de almacenamiento en línea de publicaciones académicas
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IIA	Instituto de Incidencia Ambiental
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
LAT.	Latitud en grados
LOCAL	Localidad, sitio de ubicación de una estación meterológica
LONG.	Longitud en grados
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
N, S, E, W	Puntos cardinales Norte, Sur, Este y West (Oeste)
OCHA	Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PP	Precipitación en milímetros
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
TM	Temperatura media en grados Celsius
UJA	Universidad de Jaén
URL	Universidad Rafael Landívar
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USC	Universidad de Santiago de Compostela
UVG	Universidad del Valle de Guatemala

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Resumo

A Serra das Minas é unha cordilleira situada no noroeste de Guatemala. As súas características físicas e biolóxicas están moi relacionadas coa súa oroxénese iniciada na era paleozoica, así como as fallas xeolóxicas do río Polochic, ao norte, e as do río Motagua, ao sur. A falla de Motagua divide os bloques coñecidos como Maya, na placa norteamericana, e Chortís, na placa Caribeña. Predominan os materiais xeolóxicos sedimentarios e metamórficos, con inclusións de materiais volcánicos. A Serra ascende desde aproximadamente 200 m ata 3050 m, con pendentes suaves a onduladas nos vales e moderadas a pronunciadas nas abas cara aos cumios. As migracións de taxóns vexetais e animais, tanto do Neotrópico como do Neártico, así como dos endemismos locais, confiren á Serra das Minas unha extraordinaria biodiversidade. Os obxectivos desta tese son: identificar, definir e caracterizar os distintos tipos de vexetación potencial no cuadrante suroeste da devandita serra, a partir da aproximación xeobotánica á análise da vexetación. Así mesmo, establecer o diagnóstico bioclimático do territorio (bioclimas, termotipos e ombrotipos), así como vincular os pisos bioclimáticos identificados cos seus correspondentes pisos de vexetación e especies diagnóstica.

Para acadar estes obxectivos revisáronse diferentes fontes bibliográficas e realizáronse diferentes mostraxes de vexetación e análises xeoespaciais. Recolleuse información de diferentes estacións meteorolóxicas e, a partir da base de datos WorldClim, desenroláronse outras virtuais. Todas elas foron analizados a partir dos índices do sistema Global Bioclimatics. Neste proceso utilizouse o programa informático en "R", desenvolvido polo doutor Francisco Alcaraz. Tamén se xeraron mapas de bioclimas, ombrotipos e termotipos, para os que se utilizou a ferramenta informática QGis 3.1. Os resultados obtidos foron as seguintes propostas de asociacións *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii, Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae, Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae; Querco penducullariae - Pinetum oocarpae y Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae,* situados nas zonas altas e medias da Serra, e denominados xenericamente neste traballo como Bosques Perennifoliosde Montaña. A estes súmanse as asociacións recoñecidas nas estribacións e val de Motagua: *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae, Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae, Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae, Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae y Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae* os cales foron integrados como Bosques Caducifolios del Vales e Chairas.

A diagnose bioclimática sitúa o territorio de estudo dentro do Macrobioclima Tropical, con tres bioclimas: Tropical Xérico, Tropical Pluviestacional e Tropical Pluvial. Recoñécense os termotipos: Infra, Termo, Meso e Supratropical; así como os ombrotipos: Seco, Subhúmedo, Húmedo e Hiperhúmedo. Os isobioclimas identificados son: Tropical Xérico-Infratropical Seco, Tropical Xérico-Termotropical Seco, Tropical Pluviestacional-Infratropical Subhúmido, Tropical Pluviestacional-Termotropical Subhúmido, Tropical Pluviestacional-Mesotropical Subhúmido, Tropical Pluviestacional-Mesotropical Subhúmido, Tropical Pluviestacional-Subhúmido e Tropical Tropical Pluvial-Hiperhumido Cada un dos isobioclimas recoñecidos correlacionouse coas súas respectivas asociacións. O número de especies determinadas é de 372 especies pertencentes a 99 familias (non se puideron determinar varias especies por diversos factores). A este grupo engadiuse unha lista adicional de 563 especies rexistradas para a zona por outros autores e por observacións propias noutros estudos.

Resumen

Sierra de las Minas es una cadena montañosa ubicada al noroeste de Guatemala. Su rasgos físicos y biológicos están íntimamente relacionados a su orogenia que inicia en la era Paleozoica, así como por las fallas geológicas del río Polochic, al norte, y las del río Motagua, al sur. La falla del Motagua dividen los bloques conocidos como Maya, sobre la placa de Norteamérica, y Chortís, en la placa del Caribe. Predominan los materiales geológicos de naturaleza sedimentaria y metamórfica, con inclusiones de materiales volcánicos. La Sierra se eleva desde aproximadamente 200 m hasta 3050 m, con pendientes suaves a onduladas en los valles y moderadas a fuertes hacia las cumbres. Las migraciones de taxones de plantas y animales procedentes tanto de neotrópico como del neártico, así como los endemismos locales, le confieren a la Sierra de las Minas una extraordinaria biodiversidad. Los objetivos de esta tesis son: identificar, definir y caracterizar los diferentes tipos de vegetación potencial en el cuadrante suroccidental de dicha sierra, con base en el enfoque geobotánico de análisis de la vegetación. También establecer la diagnosis bioclimática del territorio (bioclimas, termotipos y ombrotipos), así como vincular los pisos bioclimáticos identificados con sus correspondientes pisos de vegetación y especies diagnósticas. Para lograr estos objetivos se revisaron diferentes fuentes bibliográficas, se hicieron diferentes muestreos de vegetación y análisis geoespaciales. Se recopiló información de diferentes estaciones meteorológicas y de la base de datos WorldClim, de la que se extregeron otras virtuales. Todas ellas fueron analizadas con base en los índices del sistema Global Bioclimatics. En este proceso se contó con el programa informático en "R", desarrollado por el doctor Francisco Alcaraz.

También se generaron mapas de bioclimas, ombrotipos y termotipos, para lo que se utilizó la herramienta informática QGis 3.1. Los resultados obtenidos fueron las siguientes propuestas de asociaciones *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii, Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae, Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae; Querco penducullariae - Pinetum oocarpae* y *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae,* ubicadas en las zonas altas y medias de la Sierra, y genéricamente denominadas en este trabajo como Bosques Perennifolios de Montaña. A éstas se suman las asociaciones reconocidas en el piedemonte y valle del Motagua: *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae, Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae, Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae, Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae* y *Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae*, integradas bajo el concepto de Bosques Caducifolios de Valle y Planicies. La diagnosis bioclimática sitúa el territorio de estudio dentro del Macrobioclima Tropical, con tres bioclimas: Tropical Xérico, Tropical Pluviestacional y Tropical Pluvial. Se reconocen los termotipos: infra, termo, meso y supratropical; así como los ombrotipos: seco, subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo. Los isobioclimas identificados son: Tropical Xérico-Infratropical Seco, Tropical Xérico-Termotropical Seco, Tropical Pluviestacional-Infratropical Subhúmedo, Tropical Pluviestacional-Termotropical Subhúmedo, Tropical Pluviestacional-Mesotropical Subhúmedo, Tropical Pluviestacional-Mesotropical Húmedo, Tropical Pluvial-Mesotropical Hiperhúmedo y Tropical Pluvial Supratropical Hiperhúmedo. Cada uno de los isobioclimas reconocidos han sido correlacionados con sus respectivas asociaciones. El número de especies determinadas son 372 especies pertenecientes a 99 familias (varias especies no pudieron ser determinadas debido a diversos factores). A este grupo se le adhirió un listado adicional de 563 especies registradas para el área por otros autores y por observaciones propias en otros estudios.

Summary

Sierra de las Minas is a mountain range located in northwestern Guatemala. Its physical and biological features are closely related to its orogeny that began in the Paleozoic era, as well as the geological faults of the Polochic River, to the north, and those of the Motagua River, to the south. The Motagua fault divides the blocks known as Maya, on the North American plate, and Chortís, on the Caribbean plate. Sedimentary and metamorphic geological materials predominate, with inclusions of volcanic materials. The Sierra rises from approximately 200 m to 3050 m, with gentle to rolling slopes in the valleys and moderate to steep slopes towards the summits. The migrations of plant and animal taxa from both the Neotropics and the Nearctic, as well as local endemisms, give the Sierra de las Minas an extraordinary biodiversity. The objectives of this thesis are: identify, define and characterize the different types of potential vegetation in the southwestern quadrant of said mountain range, based on the geobotanical approach to vegetation analysis. Also establish the bioclimatic diagnosis of the territory (bioclimates, thermotypes and ombrotypes), as well as link the identified bioclimatic floors with their corresponding vegetation floors and diagnostic species. To achieve these objectives, different bibliographic sources were reviewed, different vegetation samplings and geospatial analyzes were made. Information was collected from different meteorological stations and from the WorldClim database, from which other virtual ones were extracted. All of them were analyzed based on the indices of the Global Bioclimatics system. In this process, the computer program in "R", developed by Dr. Francisco Alcaraz, was used.

Maps of bioclimates, ombrotypes and thermotypes were also generated, for which the QGis 3.1 computer tool was used. The results obtained were the following proposals for associations *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii, Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae, Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae; Querco penducullariae - Pinetum oocarpae* and *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae*, located in the high and middle areas of the Sierra, and generically named in this work as Evergreen Mountain Forests. Added to these are the associations recognized in the Motagua foothills and valley: *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae, Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae, Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae, Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae* and *Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae*, integrated under the concept of Valley and Plains Deciduous Forests. The bioclimatic diagnosis places the study territory within the Tropical Macrobioclimate, with three bioclimates: Tropical Xeric, Tropical Pluviseasonal and Tropical Pluvial. Thermotypes are recognized: infra, thermo, meso and supratropical; as well as the ombrotypes: dry, sub-humid, humid and hyper-humid. The identified isobioclimates are: Tropical Xeric-Infratropical Dry, Tropical Xeric-Thermotropical Dry, Tropical Pluviseasonal-Infratropical Subhumid, Tropical Pluviseasonal-Thermotropical Subhumid, Tropical Pluviseasonal-Mesotropical Subhumid, Tropical Pluviseasonal-Mesotropical Humid, Tropical Pluvial-Mesotropical Hyperhumid and Tropical Pluvial Supratropical hyper humid Each of the recognized isobioclimates have been correlated with their respective associations. The number of species determined is 372 species belonging to 99 families (several species could not be determined due to various factors). An additional list of 563 species recorded for the area by other authors and by own observations in other studies was added to this group.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

1 INTRODUCCIÓN

1.1. GUATEMALA TIERRA DE ÁRBOLES

El capitán de Hernán Cortés, Pedro de Alvarado, conquistó Guatemala a partir de 1524, siendo el primero en mencionar el nombre de Guauthentallan, topónimo dado a la región ubicada al sur de México. La etimología de Guatemala no es precisa, aunque se asume de origen náhuatl, debido a que fueron guerreros tlaxcaltecas los que acompañaron a los españoles durante la conquista. La primera interpretación de la palabra Guatemala es del arzobispo Pedro Cortés y Larraz en su obra "Descripción Geográfico-Moral de la Diócesis de Goathemala", indicando que la palabra Guauthentallan, quiere decir árbol podrido, o lugar de árboles (IGN, 1962).

Guatemala se ubica en el centro de la región conocida como Mesoamérica, compartida con el sur de México, Belice, El Salvador y Honduras, la cual es considerada la segunda región más rica en diversidad de la Tierra y la quinta con la mayor abundancia de plantas y animales endémicos (FIPA, 2002). La posición geográfica de Mesoamérica ha servido de puente entre los subcontinentes americanos, lo que ha permitido, a lo largo millones de años, el movimiento de diversos linajes de plantas y animales entre ambos. En ese contexto geofísico y biológico se encuentra Guatemala, país que además posee un variado relieve que ha favorecido su riqueza natural lo que le valió en octubre de 2010 ser incluido en el grupo de países Magadiversos (COP 10), del Convenio de Diversidad Biológica (FIPA, 2002; CONAP, 2013).

1.2. JUSTIFICACIÓN

El avance de la deforestación en Guatemala ha impactado los ecosistemas y la riqueza biológica del país. La cobertura forestal de Guatemala en 1,950 era aproximadamente del 70,000 km^2 (65% de la superficie nacional), para en 2,001 esta cifra era de 45,584 km^2 (42%) y en 2,016, solo quedaban 35,742 km^2 (33%). La tasa de deforestación anual durante este período oscila entre 100,000 ha y 132,000 ha. (Loening & Markussen, 2003; IARNA-URL & IIA, 2006; IARNA-URL, 2012; INAB & CONAP, 2019). En los departamentos de El Progreso y Zacapa, durante el período de 2,010-2,016 las pérdidas de cobertura forestal fueron de 9,338 y 9,667 ha respectivamente (INAB & CONAP, 2019). En 1,991 se estimó que la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas tenía una cobertura forestal aproximada de 74% y para 2,016 era del 62%. Los procesos de deforestación en el valle del Motagua y la Sierra de las Minas iniciaron a finales del siglo XIX, con el establecimiento del ferrocarril, lo que provocó la apertura de una brecha y el uso de maderas duras para los durmientes de la vía férrea. Posteriormente empresas madereras se hicieron con los mejores ejemplares del caoba (*Swietenia macrophylla y S. humilis*) y cedro (*Cedrela tonduzii* y *S. odorata*.) de la zona. En el norte, el proceso de acaparamiento de tierra por parte de terratenientes provocó la deforestación de los bosques, ampliándose las áreas de cultivos extensivos, explotación forestal y ganadería; fenómenos que incidieron en el desplazamiento de grupos indígenas campesinos desde el valle del río Polochic hacia las montañas con la consiguiente deforestación (Méndez *et al.*, 1993; Velenzuela de Pisano, 1996; CONAP & FDN, 2015).

La agricultura de subsistencia (cultivos de maíz, frijol y calabazas) en las laderas de la Sierra se intensificó a partir del siglo XX y en conjunto con la ganadería, explotación maderera, cultivo de café e incendios forestales iniciaron el proceso de degradación de algunos de sus ecosistemas y tierras forestales. La deforestación también ha sido exacerbada con aumento poblacional, que en Guatemala por ejemplo ha sido del 2,4% durante el quiquenio 2010-2015. A ello se le suma que en general la población del país tiene niveles de pobreza del 40% y pobreza extrema de 13 %, lo que incrementa la necesidad de tierras para cultivos de subsistencia basados en el maíz y el frijol. (IARNA-URL & IIA, 2006; PNUD, 2013; INE, 2014). No existe un catastro actualizado del régimen de propiedad en la Sierra de las Minas, sin embargo, en 1,996 se estimó que el 66% de la tierra era de propiedad privada, 20.4% estatal y el resto es patrimonio de las municipalidades del área. (Velenzuela de Pisano, 1996).

La Sierra de Las Minas es reconocida por su riqueza biológica y por ser refugio de varias especies endémicas, así también es considerada una fuente importante de semillas de coníferas tropicales. Su flora y vegetación han sido analizadas en diversos estudios puntuales. Estos trabajos han seguido diferentes enfoques metodológicos lo que dificulta compararlos entre sí. (Méndez *et al.*, 1993; Castañeda & Ayala, 1996; Medinilla Sánchez, 1999; Rosito Monzón, 1999; Vargas Ponce, 1999; Suchini & Rosales, 2003; Celis Barrios, 2008). La relación entre el bioclimática y la flora se ha hecho a través del modelo de las zonas de vida de Leslie Holdridge (Holdridge, 1978; De la Cruz, 1982; Aguilar *et al.*, 2010; IARNA-URL, 2018).

El primer estudio con enfoque fitosociológico y bioclimático del sistema de Rivas Martínez fue desarrollado por San Emeterio (2001), en las cuencas las cuencas Juan De Paz y Las Cañas en el extremo oeste de la Sierra. En tal sentido, al diseñar está investigación se propuso ampliar el estudio sistemático de la vegetación, flora y el bioclimática en el cuadrante suroccidental de la Sierra, utilizando la fitosociología y el sistema mundial de clasificación bioclimática (Braun-Blanquet, 1979; Rivas-Martínez, *et al.* 2011). De esta manera se amplía el conocimiento de la biodiversidad vegetal necesario para conocer, proteger y conservar los ecosistemas de esta importante área de Guatemala.

1.3. ANTECEDENTES BOTÁNICOS

El conocimiento del medio natural de Guatemala se remonta a la época prehistórica en la que se registran referencias artísticas vinculadas a su flora y fauna plasmadas en el arte, la escritura y en diversos artefactos y utensilios de las culturas olmecas y mayas (Paredes, 2011; Perrot Minnot, 2013). Los primeros registros académicos inician con el protomédico D. Francisco Hernández quién, en 1,570, colectó plantas, animales y minerales de la Nueva España, descritos en su obra "Historia Natural de la Nueva España" (Maldonado, 2000). Entre los años 1,787 y 1,803, se gestó la Real Expedición a Nueva España sentando las bases para el estudio sistemático de la flora y fauna de México, Guatemala y California (Hamsley, 1888; Maldonado, 1997; Maldonado, 2000; Zamudio, 2011). La Real Expedición es considerada "una de las empresas más importantes en la historia de la historia natural" (Maldonado, 2000; Zamudio, 2011). Contó con importantes científicos peninsulares como Martín de Sessé, director de la expedición, José Longinos naturalista, Vicente Cervantes, catedrático, José Mariano Mociño, botánico, Juan Diego del Castillo y Jaime Senseve, farmacéuticos, y Atanasio Echeverría y Juan de Dios Vicente, dibujantes, estos últimos americanos (Zamudio, 2011).

En 1,796 José Longinos con apoyo de la "Sociedad Económica de Amigos del País" y el gobernador de la Capitanía General del Reino de Guatemala, fundan el "Gabinete de Historia Natural", segundo museo de América, con una sala destinada a la botánica, al que se sumaría un jardín botánico (Gómez-Carrillo, 1886; Escorza, 2010). En la década de 1,830 comerciantes y naturalistas británicos recorren Guatemala con el fin de comercializar con plantas. Destacan George Ure Skinner, Jean Jules Linden y Theodor Hartweg, personajes que colectaron y clasificaron distintas especies que fueron depositadas en el Herbario de Kew (Hamsley, 1888; JSTOR, 2000). Otros botánicos europeos de la época fueron Anders Sando Orsted, de la Universidad de Copenhague, quién realizó una descripción de las plantas incluidas en la familia Rubiaceae (Oersted, 1853), el italiano Antonio Bertoloni, autor de la obra "Florula guatemalensis" (Oersted, 1853; Gilman, 1894). El prusiano Julius von Warszecwics, llegó al departamento de Izabal en 1,844 con el objetivo de fundar un jardín botánico en un asentamiento belga ubicado en la costa. Pese a no lograrse el objetivo por cuestiones geopolíticas colectó orquídeas y especies cultivadas desde Guatemala hasta Panamá; sus especímenes fueron depositados en Real Herbario de Schoenenberg, cerca de Berlín (Oersted, 1853; Hamsley, 1888; Stafleu & Mennega, 1997). El expedicionario y botánico austríaco Emanuel Ritter von Friedrichsthal, en su viaje por la región centroamericana en 1,839 colectó y depositó en herbario de Kew varios especímenes de la flora de Guatemala (Hamsley, 1888). Carl Gustav Bernoulli, médico suizo que vivió en municipio de Mazatenango (departamento de Suchitepéquez) a mediados del siglo XIX, realizó una serie de colectas botánicas que actualmente se encuentran en el herbario Kew (Hamsley, 1888).

En 1879, los naturalistas ingleses Osbert Salvin y Frederick Ducane Godman, inician el proyecto multidisciplinario Biología Centrali-Americana, obra que ha sido uno de los esfuerzos más grandes de la historia científica de la región. Esta obra permitió conocer con más detalle la flora, la fauna y los hallazgos arqueológicos de México y Centroamérica. Entre los distintos especialistas se encontraba el botánico inglés William Botting Hemsley quién colectó plantas entre 1,857 y 1874 (Rodríguez-Rossignon, 1939; Stafleu & Cowan, International Association for Plant Taxonomy. Taxonomic Literature. A Selective Guide to Botanical Publications and Collections with Dates, Commentaries and Types., 1976). El trabajo de Hemsley fue clave para desarrollar los volúmenes destinados a la flora. Visitó la Cadena Volcánica Central donde se ocupó del estudio de los volcanes de Fuego, Acatenango y de Agua, la costa del océano Pacífico, las Verapaces, Izabal y el valle del río Motagua, en la vertiente atlántica, entre otros lugares. De las 11,626 especies descritas por Hamsley, 1,431 fueron colectadas en Guatemala (Rojas, 1939). De esa época existen otras colecciones depositadas en el herbario de Kew que han sido atribuidas a Osbert Salvin, (Hemsley, 1888). Los botánicos Orator Fuller Cook y R. D. Martin, visitaron Petén durante 1,922 en donde colectaron 334 especies de plantas (Stafleu & Mennega, 1997), al igual que Cyrus Longworth Lundell, explorador estadounidense que visitó Petén en donde colectó al menos 3,472 plantas de la mano de los botánicos el estadounidense Paul Standley y el guatemalteco Mercedes Aguilar (Lundell, 1937). John Donnell Smith, autor de la obra "*Enumeratio Plantarum Guatemalenium*" describió 3,736 especies colectadas en Guatemala entre 1,900 y 1,906. Jorge Drexler elaboró varias colecciones botánicas en la zona oriental, y el ingeniero mexicano Romualdo Carrascosa, recorrió gran parte del país y describió algunas de sus especias nativas (Rojas, 1939).

Samuel James Record (1881-1945), profesor de la Universidad de Yale exploró Guatemala y Honduras entre 1,926 y 1,927. Hizo importantes aportes sobre los árboles de la costa atlántica de Guatemala, Honduras y Belice. Record, fue apoyado por Henry Ewing Kuylen, co-autor de la obra: "Trees of lower Motagua Valley". Record contribuyó al conocimiento de las propiedades físicas y químicas de muchas de las especies forestales del neotrópico" (Standley, 1927 a; Souza, 1945; JSTOR, 2000). Paul Carpenter Standley, trabajo en la Flora de Guatemala, junto a Julian Alfred Steyermark, ha sido uno de los más prolíficos botánicos que han visitado Guatemala. Trabajó para el Field Museum de Chicago y visitó Guatemala de 1922 a 1941. Realizó trabajos con Lundell y Samuel Record. Su obra "Flora of Guatemala", es las más importante para el país, así como otros trabajos (Standley, 1927 a; Standley, 1927 b). Tras su muerte Standley fue homenajeado personajes como Maximino Martínez, José Cuatrecasas, Faustino Miranda, Lyman V. Smith, Clifford Gregg, Robert Woodson, Julian Stermark, Luis O. Williams, Manuel Orellana Cardona, entre otros. Fue galardonado con la máxima insignia que Guatemala ofrece a una persona por sus méritos "la Orden del Quetzal (Chicago Natural History Museum, 1963). José María Aguilar, botánico guatemalteco, apoyó los trabajos de Standley y Steyermark para elaborar la Flora de Guatemala y diversos textos sobre flora de Guatemala. Sus textos han sido la base para la creación de manueales técnicos forestales y el estudio de las plantas medicinales en el país (Aguilar J. I., 1966; WorldCat, 2020).

A partir las últimas décadas del siglo XX, especialmente con el fin de la guerra civil en el país, se originó un movimiento científico que ha permitido el resurgimiento de la botánica en Guatemala. Destacan los profesores la Universidad del Valle de Guatemala Margaret y Michael Dix, quienes han desarrollado estudios sobre taxonomía vegetal y ecología de grupos como orquídeas y bromelias de Guatemala. Sus estudios sobre el género Lycaste han sido incluidos en la Flora Mesoamericana. (UVG, 2017). Elfriede Pribik de Pöll, etnobotánica austríaca, ex profesora de la Universidad de San Carlos y exdirectora del herbario UVAL de la Universidad de Valle de Guatemala, desarrolló varios trabajos sobre flora y trabajó en plantas tóxicas y Loranthaceas de Guatemala (Macho-Stadler, 2014). Juan José Castillo Mont, profesor de la Universidad de San Carlos de Guatemala y Curador del Herbario AGUAT, "Profesor Ernesto Castillo", ha contribuido al estudio de diversas especies, centrando su trabajo en el género *Chamaedorea* (Hodel & Castillo Mont, 1990; Linares & Sousa-Sánchez, 2007). Mario Esteban Véliz Pérez, profesor y curador del herbario BIGU, adscrito a Escuela de Biología, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, ha desarrollado distintos estudios sobre riqueza y diversidad de flora, especies endémicas y diferentes ecosistemas vegetales de Guatemala (Véliz *et al,* 2001 y 2003; Veliz & Vargas Ponce, 2006; Véliz, 2008; Véliz *et al.*, 2013). Además, ha contribuido con diversos hallazgo de especies del género Peperomia (Véliz, 2007), *Justicia sangilensis* T.F. Daniel & Véliz y *Tillandsia zacapanensis* Véliz & Feldhoff (JSTOR, 2000).

Otros botánicos que han hecho aportes al conocimiento de la flora de Guatemala son: Ana MacVean, curadora del herbario de la Universidad del Valle (UVAL), experta en botánica económica, gimnospermas, flora tropical y en las familias Orchidaceae y Bromeliaceae (NYBG, s.f.). Aura Elena Suchini, quien ha contribuido con estudios de flora nativa y endemismos en la Sierra de las Minas (Suchini *et al.*, 1999 a; Suchini *et al.*, 1999 b; Suchini & Rosales, 2003) Plantas monocotiledóneas endémicas y/o amenazadas de Guatemala (Droege & Suchini, 1998). Jorge Mario Vargas Ponce, coautor del libro

Helechos arborescentes de Guatemala (Veliz Pérez & Vargas Ponce, 2006), y experto en diversos helechos y plantas medicinales. David Mendieta, curador adjunto del herbario AGUAT de la USAC, ha trabajado en grupos taxonómicos diversos desarrollando aportes significativos en la determinación y exploración botánica. Ha colaborado con The Royal Veterinary and Agricultural University en Copenhague, la Universidad de Río Piedras en Puerto Rico y las universidades de Jaén y Santiago de Compostela de España, entre otras. Su apoyo en la determinación de especímenes ha sido de gran valía para distintas tesis de grado y posgrado de la USAC y otras instituciones. José María Aguilar Cumes, botánico forestal ha escrito diversos documentos sobre flora nacional (Aguilar *et al*., 2010).

1.4. ANTECEDENTES GEOBOTÁNICOS

Las primeras interpretaciones geobotánicas de la vegetación de Guatemala se encuentren en la obra de Niederlein (1898) y en la Biología Centrali-Americana (Godman, 1915); en ellas se hace referencia a las diferentes formaciones vegetales del país y a su biodiversidad; paralelamente establecen una secuenciación fisiográfica y vegetacional a lo largo del territorio en la que vinculan relieves y formaciones vegetales. Concretamente para la zona baja de nuestra área de estudio, aborda la zonificación de la vegetación en el valle del río Motagua, desde la cuenca alta hasta su desembocadura. Climáticamente dividen al país en tres zonas: a) tierras calientes, b) tierras templadas y c) tierras frías. Las unidades de vegetación consideradas y las correspondientes zonas climáticas se presentan a continuación:

- Bosques litorales en un cinturón estrecho a lo largo de la costa Pacífica y Atlántica.
- Bosques húmedos o húmedos de la tierra caliente, mezclados con sabanas (praderas) que cubren todas las llanuras desde el pie de la Cordillera de los Andes hasta el Océano Pacífico.
- Bosques húmedos o húmedos de la tierra caliente y tierra templada (zona templada), que se encuentran a lo largo de las estribaciones de la cadena volcánica y en las montañas del N y E.
- Bosques húmedos o húmedos de la tierra fría (zona fría), predominando en los Altos Cuchumatanes.
- Pinares y roblares (bosques de pino y encino), de la tierra caliente, tierra templada y tierra fría, que se encuentran en las mesetas centrales; se mezclan con:
    - Sabanas con chaparrales (arbolitos y arbustos de Mimosáceas, Euphorbiáceas, etc.), característico de las llanuras altas y regiones secas.
    - Sabanas con pinos, a lo largo del Golfo Dulce (actualmente río Dulce y lago de Izabal) en las tierras de la costa atlántica.
    - Sabanas de tierra fría.

A principios de siglo XX, el botánico y ficólogo estadounidense Cyrus Lundell desarrolló diferentes estudios en Petén y la península de Yucatán en donde interpretó distintos aspectos de la vegetación, como sindinámica y la clasificación tipológica (Lundell & Swallen, 1934; Lundell, 1937). Los análisis climáticos se hicieron con base en las estaciones meteorológicas de Chapotón, en el estado mexicano de Campeche, y Payo Obispo (Ahora Chetumal, Quintana Roo). Lundell clasificó fitogeográficamente a

la península de Yucatán en cinco divisiones separadas por clima, composición florística, factores ocupacionales y fisiográficos y sistematizó algunas de las formaciones vegetales de la selva maya como los ramonales de *Brosimum alicastrum*, que relacionó con las ruinas mayas, conjeturando que los árboles encontrados eran los descendientes de las plantaciones dejadas por los mayas (Lundell , 1937). En los años 30, Ulises Rojas Bendfelt en su trabajo "Elementos de Botánica General", describió diferentes comunidades vegetales del país, explicando aspectos como sindinámica y la diversidad agroecológica. Describió bosques de coníferas (*Pinus, Abies* y *Cupressus*), encinares (*Quercus* spp.), jicarales, morrales (*Crescentia alata* y *C. cujete*) y cactáceas de los bosques del valle del río Motagua, así como la vegetación de las montañas del país. (Rojas, 1936).

Revoluciones, guerra civil y problemas políticos limitaron mucho los trabajos sobre vegetación entre las décadas de los años 40 a 80. A finales de esta última década iniciaron renovados esfuerzos de exploración y actualización del conocimiento sobre la vegetación (Rodríguez Bracamonte, 1981; Heredia Castro, 1984; Castañeda Cerna, 1997; Pineda, 2004). Otros estudios comprenden campos vinculados a la arqueología maya, paleoclima y paleoecología de las tierras bajas del norte (Pérez, 2008; Lentz, 2014). Durante los años 90 otros investigadores hicieron distintos estudios sobre la flora y vegetación de las montañas, particularmente de la sierra de los Cuchumatanes y del Arco Volcánico, centrándose fundamentalmente en los bosques de coníferas de la alta montaña. (Islebe *et al.*, 1994; Islebe & Kappelle, 1994; Islebe & Hooghiemstra, 1995; Islebe *et al.* 1995 1995). En las áreas protegidas del Petén y de las Verapaces también se desarrollaron estudios sobre vegetación, en concreto de sus selvas (Castañeda Cerna, 1997; Martínez Tuna, 1999; Rodíguez Sandoval, 2004). Por último, García *et. al* (2014), usando el método fitosociológico, hizo importantes aportes sobre las comunidades de manglares del sur de Guatemala. Durante la pasada década de 90´s fue cuando en la Sierra de las Minas inician los primeros estudios sobre su vegetación, así el CECON elaboró la "Evaluación Ecológica Rápida de la Sierra de las Minas" (Méndez *et al.,* 1993), en el que describen 5 comunidades vegetales:

- Bosque de coníferas ubicadas a elevaciones de 2,600 a 2,900 m. Con especies representativas como *Pinus pseudostrobus*, *P. ayacahuite* y *Quercus acatenanguensis*.
- Bosque nuboso tipo A, ubicada al oeste del macizo montañoso y a elevaciones entre 2,400 a 1,800 m. con *Persea vesticula, Quercus sapotaefolia, Hedyosmum mexicanum* y *Cyathea fulva*.
- Bosque nuboso tipo B, situado del centro hacia el este, en elevaciones de 1,800 a 2,400 m, con especies representativas como *Podocarpus oleifolius, Quercus sp, Persea sessilis, Cyathea fulva, Cleyera theaeoides* y *Parathesis vulgata*.
- Comunidad de bosque tropical. Ubicado al norte de la Sierra de las Minas, en elevaciones de 300 a 1,500 metros, con especies como *Castilla elastica, Genipa caruto* y *Chamaedorea spp*.

Rosito (1999) trabajó con las comunidades de Ciprecillo (*Taxus globosa*), encontrando cuatro comunidades en las que la especie se encontraba. Vargas (1999) trabajando con helechos arborescente, determinó dos comunidades bien diferenciadas. Medinilla (1999) describió cuatro comunidades dos en los bosques de pinos y robles, una

de bosque nuboso y otra en los bosques xéricos de la Sierra de las Minas. García (1998), separó la selva nublada en dos tipos: densa y abierta. Los bosques secos de los valles del Motagua, en las estribaciones de la Sierra de las Minas, también han sido estudiados (Castañeda Salguero & Ayala, 1996; Celis Barrios, 2008; Porón Valdez, 2011). San Emeterio (2001) trabajó la flora y vegetación de las cuencas Juan De Paz y Las Cañas, en el extremo oriental de la Sierra, en donde aporta varios análisis incluida la caracterización bioclimática.

1.5. ANTECEDENTES DE CONSERVACIÓN

Una extensión considerable de la cadena montañosa se encuentra bajo régimen de conservación especial, bajo la figura de Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM). Con sus 242,642 ha es la segunda en tamaño dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas –SIGAP, tras la Reserva de Biosfera Maya. La RBSM está divida en cuatro zonas de uso: a) zona núcleo; b) zona de usos múltiples o sostenible; c) zona de recuperación, y d) zona de amortiguamiento. La zona núcleo, es el área mejor conservada y sus objetivos contemplan preservar el ambiente natural, los recursos hídricos y la diversidad biológica. La zonas de uso múltiple o sostenible, incluye áreas que tienen diferentes aprovechamientos y sus ecosistemas distintos niveles conservación; entre sus objetivos está el preservar la integridad de la zona núcleo, amortiguando los impactos generados por distintas actividades antrópicas. La zona de amortiguamiento busca que las personas que viven dentro de la reserva puedan hacer un uso racional y sostenible de los recursos naturales. Tiene objetivos que integran programas de educación ambiental y mejora de la condiciones del área protegida y sus recurso naturales. Por otro lado la zona de recuperación busca la mejora de áreas por diferentes causas han sido afectdas por incendios, plagas y deforestación. Busca reabilitar habitat críticos para todo tipo de flora y fauna (CONAP & FDN, 2015). La Fundación Defensores de la Naturaleza con apoyo de CONAP y otras instuciones locales vela por el cumplimiento de los indicado en el Plan Maestro.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

2 OBJETIVOS

Utilizando la información y el análisis efectuado en este estudio bajo los paradigmas y modelos de la geobotánica y del Global Bioclimatic System de Rivas-Martínez, se pretende conocer la secuenciación de las fitocenosis que constituyen la vegetación potencial, así como sus principales actores, a lo largo del gradiente altitudinal de la vertiente estudiada. Ello supondrá establecer la línea base de referencia de cara a coadyudar en el conocimiento de su biodiversidad taxonómica y fitocenótica con la que avanzar en la protección y conservación de esta importante área de Guatemala; esto en momentos en que diversas amenazas como la deforestación, ganadería, agricultura, infraestructura e incendios forestales amenazan la mayor parte de sus ecosistemas. En consecuencia, de lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

2.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar, definir y caracterizar los diferentes tipos de vegetación potencial en el cuadrante suroccidental de la Sierra de Las Minas con base en el enfoque geobotánico de análisis de la vegetación.

2.1.1. Específicos

a) Realizar una revisión bibliográfica sobre la vegetación de la Sierra de Las Minas.

b) Desarrollar un análisis geoespacial con base en sistemas de información geográfica y su posterior verificación en campo para determinar los diferentes tipos de vegetación potencial

c) Identificar las comunidades vegetales representativas de los tipos de vegetación potencial

d) Establecer la diagnosis bioclimática del territorio (bioclimas, termotipos y ombrotipos) a partir del modelo de Rivas-Martínez, y comparar los resultados con la propuesta al uso en el país del sistema de Holdridge.

e) Vincular los pisos bioclimáticos identificados con sus correspondientes pisos de vegetación y especies diagnósticas indicadoras.

f) Proponer de forma provisional las unidades fitosociológicas correspondientes y su posible arreglo sintaxonómico.

g) Contribuir al conocimiento de la flora de la región a través del catálogo florístico obtenido

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

2.2. HIPÓTESIS

Cómo las variaciones del clima a lo largo del gradiente altitudinal influyen en la estructura, distribución y composición de la vegetación potencial, y cómo ésta se articula según el modelo de los pisos bioclimáticos reconocido para el territorio

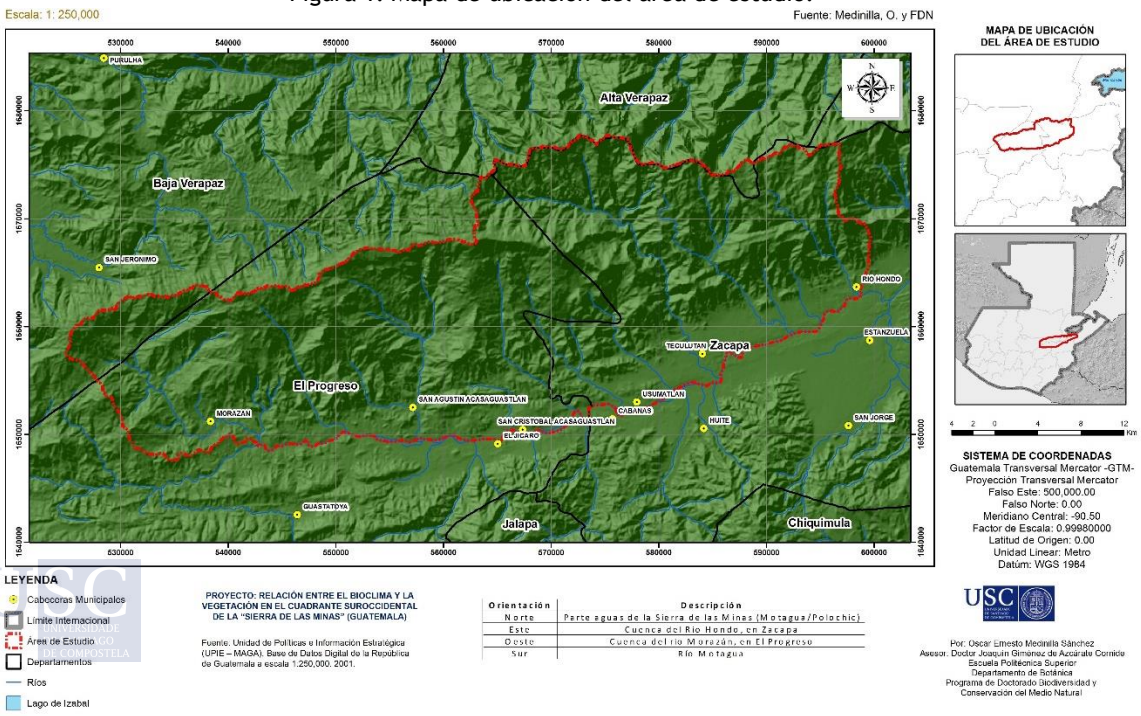
USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRITORIO

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

Administrativamente el área se circunscribe a los municipios de Morazán, San Agustín Acasaguastlán y San Cristobál Acasaguastlán, en el departamento de El Progreso, así como a los municipios de Usumatlán, Teculután y Río Hondo, en el departamento de Zacapa. Las elevaciones van desde 192 m.s.n.m., hasta los 3,050 m, coincidiendo respectivamente con la salida del área de estudio del río Motagua, y con el Cerro Raxón. Junto con la anterior, otras cumbes destacables son el cerrro Pinalón con 2,911m y el cerro Guaxabajá de 2,395 m. (Holder, 2006; CONAP & FDN, 2015). La línea de cumbres de la Sierra se extiende ininterrumpidamente por 65 km, parte de la cual delimita el límite septentrional de nuestra área de estudio. El área de estudio abarca el cuadrante sur occidental la Sierra de las Minas, excluyendo el resto del territorio circunscrito a dicha Sierra; ello debido a las dimensiones y complejidad logística y exploratoria asociada a las incursiones que habría que efectuar para su estudio. Los límites naturales se fijaron de la siguiente manera: al norte, sobre el parteaguas de la Sierra que divide las cuencas del río Motagua y el sistema río Polochic-lago de Izabal-Río Dulce; al sur el río Motagua; al este el río Morazán, y al oeste el río Hondo. Puntualmente se tomaron inventarios fitosociológicos en algunos lugares próximos fuera del área aquí delimitada; ello con el fin de muestras representativas que complementen y respalden las propuestas fitosociológicas planteadas en este trabajo. El total del área reúne unas 130,800 ha (1,308 km^2). En el mapa de la figura 1 se delimita la zona de estudio y la RBSM, parte de la cual se incluye en ella.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.



3.2. BIOGEOGRAFÍA Y DIVERSIDAD

La biogeografía estudia los patrones de distribución de los seres vivos, actuales y extintos, sobre la superficie terrestre (Espinosa *et al.*, 2001; Morrone, 2005). La biogeografía de esta parte de América tiene su asidero en trabajos que engloban distintas áreas del conocimiento biológico; así se ha interpretado desde el punto de vista botánico (Rzedowski, 2006), desde la entomología (Schuster & Cano, 2006), o la herpetología (Smith, 1941; Campbell, 1982). Aunque se debe indicar que existen diferencias entre los sistemas faunísticos y florísticos, así ciertas unidades como las regiones florísticas y las provincias faunísticas son diferentes en los límites, el número y la extensión de las unidades finales (Udvardy, 1975). La región de Centroamérica tiene una diversidad florística muy alta fruto de su historia biogeográfica y su ubicación entre los dos subcontinentes americanos (Véliz *et al*., 2013). La más reciente compilación sobre la flora vascular que reune los paises que la forman (Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá), estima 16,335 especies, de las cuales 5,624 son restringidas para la región. En contraste México alberga en su territorio 22,969 especies, de la cuales 7,043 son compartidas con Centroamérica. (Ulloa, 2017a). Un inventario actualizado de plantas vasculares nativas de México registra 23,314 especies, distribuidas en 2,854 géneros, 297 familias y 73 órdenes. La flora incluye 1,039 especies de helechos y licofitas, 149 gimnospermas y 22,126 angiospermas. (Villaseñor, 2016).

Guatemala es considerado uno de los países centroamericanos más complejos, esencialmente por su variabilidad altitudinal, historia geológica, fisiográfica y biogeográfica, lo que le ha llevado a ser considerado uno de los sitios del planeta más ricos en diversidad biológica (CONAP, 2008; FIPA, 2002). La alta diversidad está interrelacionada con su origen geológico relativamente antiguo, y con su posición biogeográfica entre las regiones biogeográficas Holártica, que marca la influencia de las especies que han migrado desde América del Norte, y la Neotropical, que lo hacen desde Sudamérica. Así también es importante acotar que Guatemala es influenciada por el océano Pacífico al sur y el mar Caribe en el océano Atlántico al noreste. Castañeda (2008), indica que los factores que han desarrollado la diversidad ecosistemica de Guatemala se resumen en los siguientes factores: "*a) origen geológico relativamente antiguo; b) ubicanción entre las regiones biogeográficas holartica y neotropical; d) variabiliad altitudinal; y e) corredores de migración formados por cadenas montañosas orientadas este-oeste"*. Guatemala cuenta con aproximadamente 8,600 especies de plantas superiores (Cano, 2006), aunque según la Flora de Guatemala la cifra para plantas con flores es de 7,115 especies, sin considerar los otros grupos de plantas vasculares Davidse, (1989).

Para la Sierra de las Minas no existe un compilado total de especies; una aproximación hecha por Rosito y colaboradores (Rosito *et al.,* 2010) da cuenta de 913 especies, pertenecientes a 132 familias de Angiospermas (Magnoliófitas), 18 de Pteridofitas y 3 de Gimnospermas (Pinófitas). Este estudio también indica la presencia de 102 especies endémicas. Sin embargo, los resultados expuestos solo representan estudios puntuales en la SM. Otro estudio de identificación de endemismos arrojó como resultado 44 especies endémicas de Guatemala y 38 esclusivas de la Sierra de las Minas (Suchini Farfán *et al.*, 1999). En 2,003 se hicieron trabajos al norte de la Zona Nucleo de la Reserva de la Biosfera y se registraron 346 especies, de las cuales 17 son endémicas del país, determinando de esta manera la importancia que tiene esta área de conservación como

refugio de especies en peligro de extinción (Suchini & Rosales, 2003). San Emeterio (2001), en las cuencas Cañas y Paz, al oriente de la Sierra de las Minas, determinó la existencia de 423 taxones de 101 familias y 264 géneros. En el fondo del valle del río Motagua, que es el límite sur del área de estudios, un estudio efectuado por Véliz *et al*., (2003) encontró 598 especies de plantas vasculares pertenecientes a 107 familias. Del total de especies 140 son arbóreas, 89 arbustivas y 273 herbáceas. También determinaron que 28 son de distribución restringida, de las que 22 solo se encuentran en la región; de ellas destacan las cactáceas con 7 especies.

3.3. LA REGIÓN EN EL CONTEXTO BIOGEOGRÁFICO MESOAMERICANO

Rzedowski (2006) resalta las afinidades existentes entre la flora de Guatemala, y la de Chiapas que desdibuja la frontera política entre ambos territorios, y deben considerarse como una sola unidad biogeográfica (Rzedowski, 1991). En su frontera meridional de dicha unidad tienen su límite de distribución varios taxones de afinidad holártica como *Abies, Juniperus, Cupresus, Taxus, Taxodium* (Gimnospermae), así como otros géneros entre los que destacan: *Acer, Arbutus, Arceuthobium, Arenaria, Carpinus, Castilleja, Celastrum, Cirsium, Comarostaphylis, Eyngium, Fraxinus, Garrya, Liquidambar, Lupinus, Mahonia, Ostrya, Prunus, Ribes, Platanus y Vaccinium* (Angiospermae) (Rzedowski, 2006; Islebe & Kappelle, 1994).

3.4. TIPOLOGÍA BIOGEOGRÁFICA

De los seis reinos florales propuestos por Diels en 1908 (citado en Rivas-Martinez & Tovar, 1983), tres son reconocidos para América: Holártico, Neotrópico y Antártico. Rivas-Martínez (2008), propuso para el planeta cuatro reinos florales, agrupados en Holártico, Paleotropical, Neotropical-Austroamericano y Neozelándico-Australiano. Asimismo, propuso siete subreinos y cuarenta y cinco regiones biogeográficas. El reino Neotrópical o Neotropical-Austroamericano incluye la Región Caribeño-Mesoamericana en donde se ubican las zonas tropicales de América Central y regiones húmedas y subhúmedas de la costa Pacífica mexicana y del Golfo de México. Contiene especies de origen mesoamericano, tropical, ártico y antillano. Morrone (2005) para toda esta zona Mesoamericana señala una serie de eventos que condicionaron el desarrollo de su biota: 1) Desarrollo del Istmo de Tehuantepec, 2) desarrollo del Istmo de Panamá; 3) las inundaciones en tierras bajas de Nicaragua y de la península de Yucatán. Con base en lo anterior propone la siguiente clasificación integradora del país:

- Región Neotropical. Incluye a Centroamérica, abarcando desde la península de la Florida en Estados Unidos hasta América del sur, en donde ocupa una extensa área. Comprende cuatro subregiones: Caribeña, Amazónica, Chaqueña y Paranaense.
- La subregión Caribeña incluye a Guatemala y posee 24 provincias, contenidas en tres dominios: Mesoamericano, Antillano y Sudamericano Noroccidental.
- El dominio Mesoamericano es el que contiene a Centroamérica y el sur de México, con las siguientes unidades:
- Provincia Costa Pacífica Mexicana, abarca el litoral pacífico en el sur de Guatemala.
- Provincia del Golfo de México, ubicada en el norte del país.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

- Provincia de Chiapas, la cual abarca las zonas montañosas del país desde 500 a 4000 m de elevación.

En tal sentido Guatemala pertenece a la región Neotropical (Vargas Ulate, 1997), o al reino Neotropical-Austroamericano. (Rivas-Martínez *et al*. 2011). Para la Sierra de las Minas se indica en el siguiente esquema jerárquico su correspondencia con las unidades biogeográficas que la integran:

- Reino Neotropical-Austroamericano
- Subreino Neotropical
- Superregión Caribeña-Neogranadina
- Región Caribeña-Mesoamericana
- Provincia Chiapaneca-Hondureña.
- Sector Chiapas
- Subsector Guatemala.

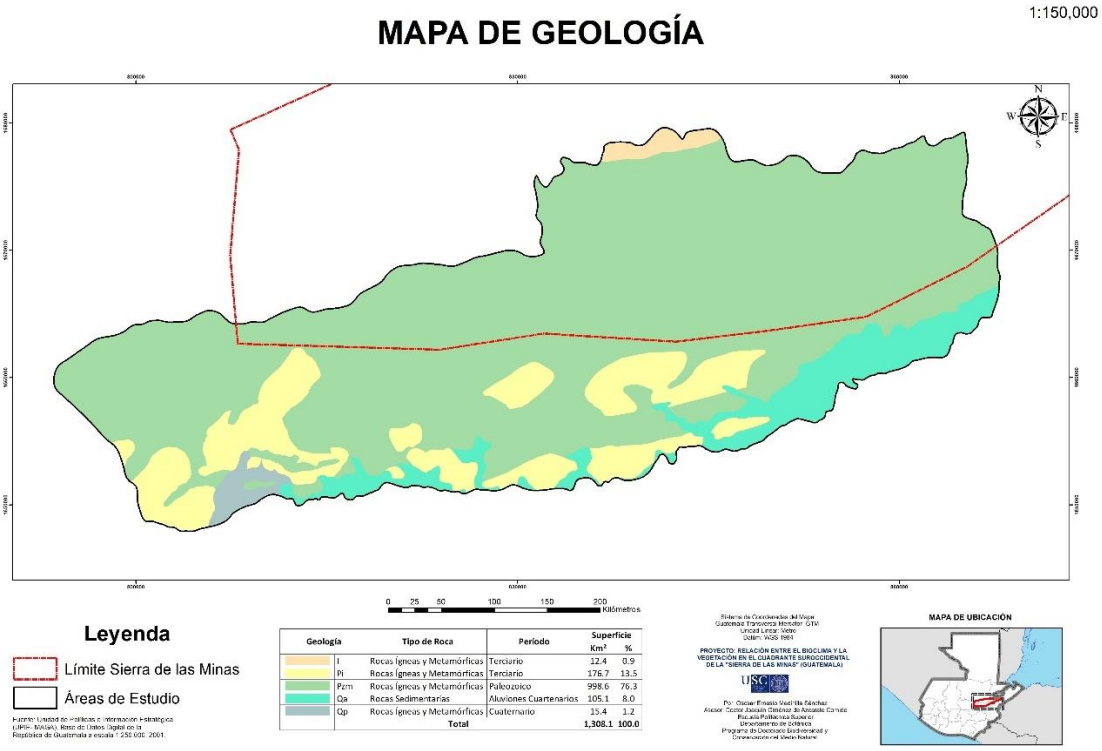
3.5. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Toda Centroamérica reposa sobre cinco placas tectónicas, siendo éstas: a) Norteamericana, b) Caribe, c) Cocos, d) Sudamericana, y e) Nazca. Guatemala se asienta sobre las placas Norteamericana y Caribeña. El relieve de Guatemala es accidentado por la presencia de líneas de fallas. Una de estas fallas es la del Motagua, que discurre desde el sur de México y atraviesa Guatemala en una trayectoria hasta el mar Caribe en donde forma la fosa de Bartlett o fosa de las islas Caimán. Esta falla separa dos grandes bloques de corteza terrestre el Bloque Maya y el Bloque Chortís (Sapper, 1929; James, 2007; Gilberti, 1998; Nuñez & Santana, 2011).El primero forma parte de la Placa de América del Norte, mientras que el bloque Chorti, forma parte de la Placa del Caribe. Ambos tienen diferencias de formación y geología; así, el bloque Maya, tiene una base Paleozóica (541-242 Ma), con sedimentos marinos del Pensilvaniano (303 Ma) al Cenozoico (66 Ma); el bloque Chortis con basamentos del Carbonífero Inferior (359-318 Ma) y Permico (299 Ma), con sedimentos marinos y continentales formados desde el Jurásico (201 Ma) hasta el Eoceno (56 Ma). El bloque Chortis ha sido afectado por vulcanismo (Chiquín Yoj, 2003). Los bloques Chortis y Maya, tienen relevancia para la geología del Caribe, debido a su origen Pre Cretácico y Paleozoico tardío (Pérez Estudillo, 2014). La evolución de la Sierra de las Minas tiene relación con el desarrollo del Complejo Metamorfico Chuacús, cuyo origen se remonta al Paleozoico temprano en la base del antiguo Océano Reico.

El complejo metamórfico Chuacús, se compone de materiales máficos y gneis felsicos de alto grado, amfibolitas, peliticas y metasedimentos cuarzofedespáticos y mármoles subordinados (Solari*, et al.*, 2011). Su contenido geológico lo componen varios tipos de rocas, especialmente metamórficas que son de las más antigua de Guatemala y forman parte de lo que se conoce como América Central nuclear, que va desde Chiapas y Yucatán hasta Nicaragua. Estas montañas iniciaron su formación en el carbonífero, presentando un basamento cristalino deformado (Bundschuh & Alvarado, 2007; Campbell, 1982). Su núcleo lo conforman granitos y otras rocas de origen paleozoico o cretácico con algunos materiales mesoproterozoicos. La geología la componen rocas metamórficas, gneis de cuarzo feldespasto-mica con granates y cianitas, migmáticas, cuarcitas, anfiboles, mármoles, calcilicatos, eclogitas máficas, filitas oscuras dobladas y jadeítas (Figura 2). En el fondo el valle del río Motagua, entres sus colinas y planicies incluye entre otros materiales como peridotas parcial o completamente serpentinizadas y

basaltos. El jade del valle se encuentra asociados a bloques de eclogita y jadeitita en una matriz metaserpentinítica y metasedimentaria. Esta geología solo ocurre en pocos sitios en el mundo. Tanto en la actualidad como durante el apogeo de la civilización maya tuvo una gran importancia la explotación de algunos de estos materiales (Bundschuh & Alvarado, 2007; IGN, 1962).

Figura 2. Mapa geológico de la Sierra de las Minas.



En la Sierra de las Minas existe 52 subcuencas que forman parte de tres cuencas más extensas: 1) Motagua, 2) Polochic y 3) Chixoy. Los ríos Motagua y Polochic drenan a la vertiente del mar Caribe, mientras que la del Polochic los hace hacia el Golfo de México. 63 ríos son permanentes, favorecidos por las precipitaciones y la posición geográfica; todo ello mejora el abastecimiento de agua para diversas poblaciones y sostiene las actividades hidroeléctricas, agrícolas, ganaderas y de agroforestería. (Rosito, 2010; CONAP & FDN, 2015).

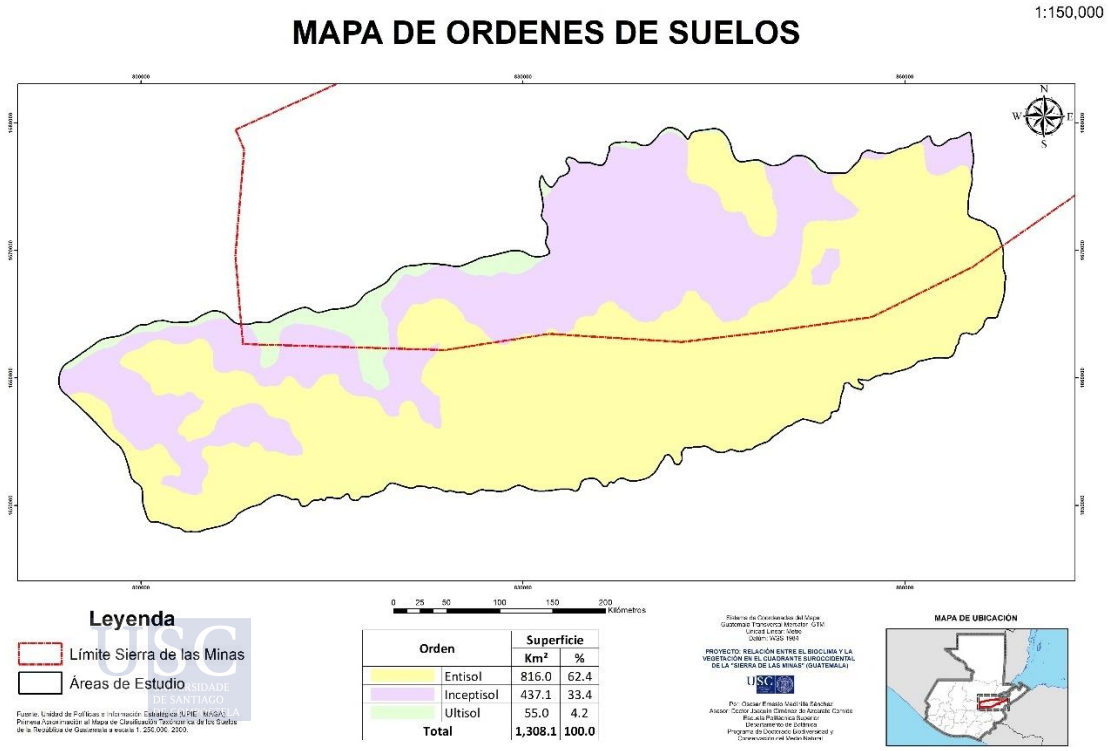
3.6. GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS

Guatemala se ubica en el Istmo Centroamericano, que divide el océano Pacífico y el mar Caribe. La diversidad geológica de Centroamérica deriva de su tectónica, en donde las placas chocan, provocando al norte del Istmo la subducción de la placa de Cocos bajo la del Caribe. Al norte también se ubica la placa de Norteamérica separada de la placa del Caribe, por una serie de fallas que forman un complejo denominado Motagua-Polochic, en donde se ubica la Sierra de las Minas (Denyer., s/f). La sutura de la falla de río Motagua, se expresa en la formación del valle homónimo. En el área toman contacto los bloques Chortis y Maya (Morán *et al.*, 2001). Se creía que la falla del Motagua era la zona de contacto de las placas de Norteamericana y Caribeña, pero recientes estudios consideran que los Bloques Maya y Chortis tienen un mismo origen. A lo largo de la

curvatura de la falla del Motagua, se presentan varias estructuras adyacentes como la Sierra Santa Cruz, Sierra de Las Minas, Sierra de los Cuchumatanes y el Arco de la Libertad (Bundschuh & Alvarado, 2007). Sierra de las Minas es una cadena montañosa escarpada y de difícil acceso con origen en la Sierra Madre. El sistema orográfico al que pertenece se desplaza de oste a este en paralelo a las fallas del Motagua y Polochic. A lo largo de su recorrido atraviesan varios departamentos cambiando de nombre a su paso, como Sierra de Chuacús, Sierra de las Minas, Montañas del Mico y de la Estrella. (IGN, 1962; Bundschuh & Alvarado, 2007; Marroni *et al.*, 2009).

Fisiográficamente la Sierra de las Minas se encuentra entre dos grandes Provincias, siendo esta las Tierras Altas Sedimentarias y las Tierras Altas Cristalinas. Orográficamente se corresponde con el Complejo Metamórfico Chuacús, ubicado en la zona central de Guatemala, entre las fallas de las cuencas de los ríos Polochic y Motagua (Méndez *et al.*, 1993). Debido a su geología, geomorfología y clima, en Guatemala existe diversos tipos de suelos. En el sur de la Sierra de las Minas prevalecen los suelos entisoles, inceptisoles y ultisoles (Figura 3.). Los Entisoles se caracterizan por ser jóvenes con poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogénicos o estructura. Su naturaleza es principalmente mineral y con textura de gruesa a fina, encontrándose en cimas y planicies. Otros tipos de suelos presentes son los incenptisoles que se encuentran en elevaciones medias de la Sierra; son similares a los entisoles, aunque más desarrollados. En las zonas más altas los suelos predominantes son los ultisoles, que en general son propios de áreas húmedas, generados a partir de intensos procesos de intemperismo y lixiviación, con subsuelos arcillosos con cuarzo y otros minerales, siendo baja su fertilidad (Soil Survey Staff, 1999; MAGA, 2000).

Figura 3. Mapa de órdenes de suelos en la Sierra de las Minas.



3.7. CLIMATOLOGÍA

El clima es parte del ambiente global, siendo la consecuencia de la combinación de los elementos meteorológicos, generando el estado típico de la atmósfera en un sitio y tiempo determinados (Boshell, 2018). El estudio del clima en Guatemala tiene el inconveniente de que la cobertura de estaciones meteorológicas es deficiente. Las estaciones meteorológicas con datos temporales adecuados para los análisis de variabilidad climática hasta el año 2015 era de 37 (INSIVUMEH, 2015), destacando la casi total ausencia de estas en las cadenas montañosas. El clima en Guatemala se encuentra muy influenciado por el mar Caribe al noreste y el océano Pacífico al sur; así también, su posición latitudinal en el hemisferio norte y la compleja orografía le confiere un abanico de climas muy variado. El país se posiciona en una franja de clima tropical, en donde confluyen una época seca y otra muy lluviosa. En los climas tropicales en donde los vientos y la temperatura son más estables que en otras latitudes, la precipitación y su ritmo anual es el elemento climatológico discriminante más importante. El clima viene condicionado por la temporalidad de la precipitación con un comportamiento bimodal, en donde se concentran las lluvias entre mayo a noviembre, teniendo sus máximos en junio y septiembre. Los mínimos de lluvia ocurren entre noviembre y abril (Portig, 1965; IARNA-URL, 2003).

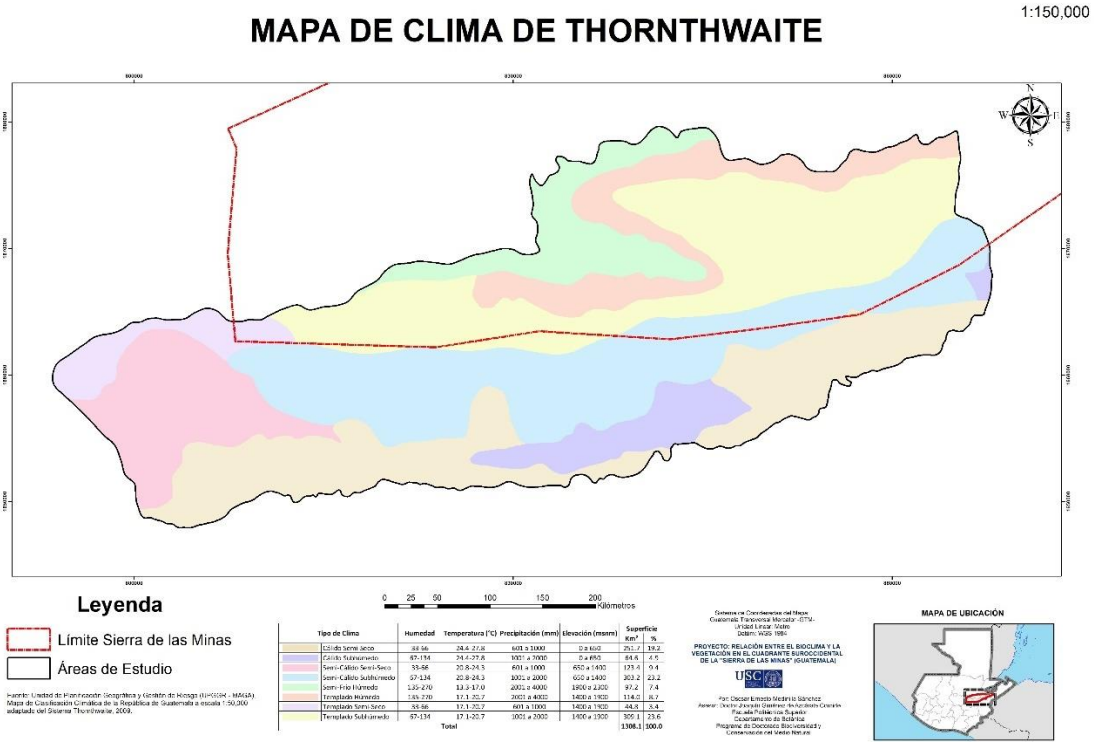
En las zonas más altas las temperaturas pueden promediar 8°C. Por el contrario, los valles interiores y bajos del país, como el del rio Motagua, presentan un clima con temperaturas promedio de 28.1°C, como es el caso de la estación de La Fragua; en esta estación la precipitación promedio anual es de 797.8 mm y la humedad relativa es de 60% (IARNA-URL, 2003 IIA, 2004; INSIVUMEH, 2018). La aridez climática se concentra en el 17 % del país, especialmente en los valles intermontanos centrales (IARNA-URL, 2003). La nieve es un fenómeno raro, ello debido a la coincidencia de temperaturas más bajas con la estación seca y por la combinación de períodos fríos en las elevaciones con fuertes vientos del norte, que producen fenómenos de advección de aire frío que conlleva al enfriamiento nocturno que provoca escasa precipitación. El granizo también es raro y ocurre en la temporada de tormentas a veces en marzo y abril (Portig, 1965). Guatemala se ve afectada por “El Niño” oscilación del sur y “La Niña”. Consisten en la oscilación de la temperatura del océano Pacífico ecuatorial asociado con un cambio de presión atmosférica provoca cambios en los patrones de lluvia (Bardales *et al.*, 2019). Las lluvias inician en mayo con el establecimiento de los vientos alisios del nordeste que origina que la zona de convergencia intertropical suba a latitudes al norte. En ese momento humedad proveniente de África, se mueve dirección hacia el este, provocando el aumento de la humedad en Centroamérica. En julio ocurre una inversión en la dirección de los vientos alisios, lo que provoca que se inicie un período seco conocido como canícula, que suele durar en promedio 5 a 10 días, aunque puede ser mayor. Posterior a la canícula se restablecen las lluvias hasta el mes de octubre (INSIVUMEH, 2015).

El comportamiento errático de este período durante las últimas décadas está causando importantes problemas en la viabilidad de muchos cultivos de temporal que se ven afectados por la anormal duración de este período (Bardales *et al.*, 2019). La temporada seca inicia con la llegada de vientos del norte con aire más fresco, provocando el aumento de la presión atmosférica y disminución en la temperatura; este ciclo es más intenso en enero y febrero (INSIVUMEH, 2015). La variabilidad climática indica un aumento de la temperatura y anomalías negativas de lluvia desde la década de 1970 (MARN, 2001). Los

fenómenos meteorológicos extremos han aumentado durante las últimas décadas provocando retrasos en las lluvias estacionales, aumento de las canículas y precipitaciones intensas (Bardales *et al.,* 2019). A lo largo del tiempo se ha intentado clasificar el clima de Guatemala, utilizando sistemas globales como los de Köppen, Thornthwaite y Strahler. En el año 1968, el INSIVUMEH elaboró un mapa de clasificación de climas, con base en el sistema de Thornthwaite. Más adelante Franco (2015) elaboró la zonificación nacional según este sistema de la cual se obtuvo la distribución de los tipos presentes en la zona de estudio (Figura 4).

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Figura 4. Mapa de clasificación climática de Thornthwaite



La posición de la Sierra de las Minas, entre los valles de los ríos Motagua y el sistema río Polochic-Lago de Izabal-Río Dulce, y al igual que la mayoría de los sistemas montañosos de Guatemala, está dispuesta en un eje oeste-noreste. La Sierra tiene una variación altitudinal que va de los 200 m en el fondo de los valles, hasta los 3,000 m en los cerros Raxón y Pinalón. Todo lo anterior hace que los vientos alisios del noreste desarrollen condiciones de alta humedad en su cara norte y conforme se desciende en elevación por la vertiente meridional, el efecto de sombra de lluvia provoca situaciones de baja humedad y altas temperaturas. Por encima de la cota de 1,500 es posible la presencia de heladas durante la época seca, en especial en las partes más altas de la Sierra. Otro fenómeno de interés en las zonas altas es la criptoprecipitación. En este sentido Holder (2004), estima que se generan más de 250 millones de litros/día de precipitación proveniente de la niebla, capturada en los bosques nubosos ubicados arriba de la cota 2100 m, los cuales ocupan aproximadamente 57,000 ha (Holder, 2004). A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes sistemas climáticos globales. Köppen, Thornthwaite, Austin Miller, Walter, Bayley *et al*., Gaussen, Bagnouls y Gaussen, Holdridge, Strahler, Rivas Martínez (Rivas-Martínez *et al.*, 2011; Díaz, 2017). A continuación, se describen brevemente aquellas clasificaciones que son relevantes para Guatemala y en especial para el área de estudio.

El sistema de Holdridge: Clasifica las diferentes áreas terrestres e identifica unidades ecosistémicas en base a variables bioclimáticas como la biotemperatura, la precipitación y el cociente evapotranspiración potencial/precipitación. Dichas variables reflejan procesos ecosistémicos y respuestas ecofisiológicas de las plantas y sus formaciones. Siendo la biotemperatura el promedio de las temperaturas comprendidas entre 0° y 30°C, debido a que las plantas crecen en ese rango de temperaturas. La biotemperatura y la progresión logarítmica de temperatura y precipitación son los rasgos distintivos del sistema. El sistema es el más usado en Guatemala y desde los años 1950 se elaboró la

cartografía de las categorías de Holdridge a nivel nacional. En trabajos posteriores se agregaron aspectos edáficos, biológicos y socioambientales, se mejoró la base florística, y se incorporaron listas de animales y cultivos (Aguilar *et al.*, 2010). Investigadores de IARNA (2018) revisan la propuesta de Holdridge y De La Cruz, utilizando sistemas de información geográfica, bases de datos climáticas mundiales actualizadas y revisión en campo. Se recalcularon las variables biotemperatura, evapotranspiración y precipitación, con lo cual se generaron mapas más precisos de las diferentes zonas de vida. Así mismo, se cambiaron las categorías subtropicales por tropicales.

3.8. HABITANTES Y NÚCLEOS POBLACIONALES

Guatemala es un país rico y diverso debido su pluralidad étnica, lingüística y cultura donde cohabitan pueblos indígenas y no indígenas. (Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala, 2009 y 2014). Los habitantes del país que no se consideran indígenas incluye a ladinos, mayormente integrado por mestizos, ascendientes de europeos y europeos. Mientras que aquellos considerados indígenas incluyen a una mayoría de origen Maya, constituidas por al menos 22 comunidades lingüísticas, los Xincas, que no es un pueblo Maya y el grupo afroantillano de los Garífunas (INE, 2018; Academia de Geografía e Historia de Guatemala, 2004; Academia de lenguas mayas, 2018). La población en los municipios del área de estudio se considera mayormente ladina (INE, 2014) (Tabla 1). Muchos de los rasgos generales de la población guatemalteca se pueden observar en los municipios del área. La población de la zona para el año 2018 era de unos 116,396 habitantes, con una densidad poblacional que varía de 37 habitantes/km^2 en el municipio de Morazán a 114 habitantes/km^2 en San Cristobál Acasaguastlán (Tabla 1).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 1: Origen étnico de la población

Dep.	Mun.	PT	Grupo de pertenencia en porcentaje					
			1	2	3	4	5	6
	MR	12164	1.21	0.15	0.02	0.01	98.45	0.16
EP	AG	45765	1.23	0.09	0.00	0.09	98.50	0.08
	SC	7199	1.06	0.07	0.00	0.00	98.82	0.06
	RH	21434	0.84	0.12	0.03	0.04	98.78	0.19
ZC	TE	17602	1.12	0.09	0.02	0.02	98.64	0.11
	US	12232	0.88	0.13	0.05	0.05	98.58	0.31

1: Maya; 2. Garífuna; 3. Xinca; 4: Afrodescendiente / Creole / Afromestizo; 5. Ladinos; 6: Extranjeros; PT: Población Total; Dep: Departamento; Mun: Municipio; EP: El Progreso; ZC: Zacapa; MR: Morazán; AG: San Agustín Acasaguastlán; SC: San Cristobál Acasaguastlán; US: Usumatlán; TE: Teculután; RH: Río Hondo. Fuente: elaboración propia con datos del XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda (INE, 2018).

El reparto población por sexo es equilibrado en todos los municipios. En el territorio predomina la población esencialmente rural (Tabla 2).

Tabla 2. Datos demográficos de los municipios por sexo y ubicación.

Dep.	Mun.	PT	Sexo				Área			
			H	%	M	%	U	%	R	%
	MR	12164	6008	49.4	6156	50.6	2581	21.22	9583	78.8
El Progreso	SA	45765	2760	49.7	23005	50.3	17728	38.74	28037	61.3
	SC	7199	3459	48.0	3740	52.0	2329	32.35	4870	67.6
	RH	21434	10319	48.1	11115	51.9	6267	29.24	15167	70.8
Zacapa	TE	17602	8603	48.9	8999	51.1	5585	31.73	12017	68.3
	US	12232	6034	49.3	6198	50.7	4363	35.67	7869	64.3
	Tot.	116396	57183	49.1	59213	50.9	38853	33.38	77543	66.6

Ac.: Acasaguastlán; H: Hombres; M: Mujeres; Urb: Urbano; Rur: Rural; PT: Población Total; Dep: Departamento; Mun: Municipio; MR: Morazán; SA: San Agustín Acasaguastlán; SC: San Cristóbal Acasaguastlán; US: Usumatlán; TE: Teculután; RH: Río Hondo. Fuente: elaboración propia con datos del XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda (INE, 2018).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La Fundación Defensores de la Naturaleza, estima que los poblados que se encuentra dentro de los límites de la Reserva de Biosfera son 208, incluyendo caseríos y aldeas, siendo San Agustín Acasaguastlán el núcleo más poblado. En Tabla 3, se presentan el número de poblados de cada municipio sin considerar sus respectivas cabeceras

municipales. en las cuales habitan unas 280,000 personas aproximadamente. La mayoría se ubican en el norte de la Sierra y son habitados por pobladores maya Q'eqchi y Pocomchí (FDN, 2020).

Tabla 3. Numero de poblados por municipio

Municipio	Aldeas	Caseríos	Total, Aldeas y Caseríos
Morazán	10	39	49
San Agustín Ac.	22	59	81
San Cristobál Ac.	4	5	9
Usumatlán	9	2	11
Teculután	3	12	15
Rio Hondo	26	10	36
Total	74	127	201

Fuente: Elaboración propia con datos de INE (INE, 2018).

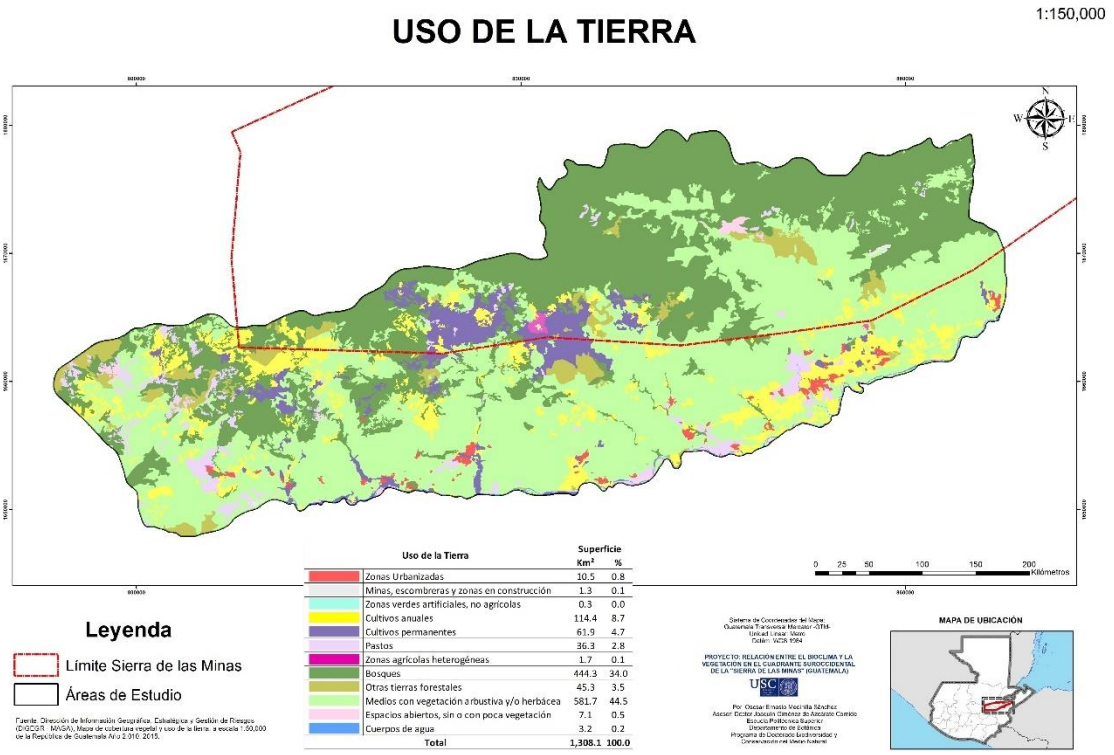
Las viviendas principalmente se caracterizan por ser edificios con paredes de concreto y/o bloque, con techo de lámina metálica o de concreto, y piso de tierra. Aunque más del 85% cuentan con servicio de electricidad, suelen carecer de servicio de recolección de aguas, predominando las fosas sépticas. El promedio de personas por hogar es de 3.8. En Morazán y San Agustín Acasaguastlán, más del 50% de las familias utilizan la leña para cocinar (INE, 2018). El abuso de la leña como combustible es un problema latente para la salud y mantenimiento de los bosques, en especial para Teculután, debido a que su balance de biomasa de leña es negativo, lo que indica que sus bosques no son capaces de sostener la alta demanda. Le sigue el municipio de Usumatlán que aún conserva un balance entre oferta y demanda de leña. Los restantes municipios tienen una mayor oferta de biomasa (PNUD, 2013).

3.9. AGRICULTURA, GANADERÍA Y MINERÍA

Aproximadamente el 66% del territorio está dedicado al uso agropecuaria, tanto de forma intensiva como extensiva. Predominan los sistemas tradicionales con cultivos anuales o agroindustriales tanto perennes como anuales localizados en áreas marginales y deforestadas generalmente con pendientes fuertes y los cultivos perennes se ubican en zonas con mejores condiciones agroecológicas. En los alrededores de los problados predominan pequeños huertos de traspatio con hortalizas como cebolla (*Allium cepa* L.), col (*Brassica oleracea* var. *capitata*), acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.), calabaza (*Cucurbita spp*), chiles (*Capsicum spp*), quiletes (*Solanum americanum* Mill.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), chatate (*Cnidosculus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston), chipilín (*Crotalaria longirostrata* (Hook & Arn), frutales etc. Los cultivos tradicionales coexisten con los agrícolas intensivos de exportación en donde predomina el melón (*Cucumis melo* L.*)*, sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), uvas (*Vitis sp*.), café (*Coffea arabica* L.), cardamomo (*Elettaria cardamomum* (L.) y banano (*Musa paradisiaca* L.). Los bosques presentan diversos grados de alteración debido a su uso

como fuente de leña, madera, medicina, entre otros (Castañeda *et al.*, 1996; PNUD, 2013; MAGA, 2015; CONAP & FDN, 2015). Los pastos para ganado, básicamente bovino, representan 2.8% del territorio, aunque tradicionalmente los semovientes pastan en los espacios abiertos ganados al bosque y favorecidos por fuegos reiterados; a veces existen trashumancia de zonas bajas a zonas altas o viceversa dependiendo de la época del año. La distribución de los usos agrícolas y forestales de la zona se plasman en la Figura 5.

Figura 5. Mapa de uso de la tierra en el cuadrante suroccidental de la Sierra de las Minas.



El área tiene una larga tradición de uso minero que data de la época prehispánica y colonial en especial en los departamentos de Zacapa y El Progreso (Becquelin & Bosc, 1973). Los principales recursos extraídos en la zona son mármol, caliza, serpentina, magnetita y talco (PNUD, 2016). Actualmente en el campamento minero de San Lorenzo se ubica una explotación de mármol que lleva en funcionamiento más de un siglo (Medinilla, 1999). Históricamente el sur de la Sierra ha sido una fuente importante de obtención de jade asociado al auge de las culturas olmecas y mayas en la región. Este mineral también se explotó durante la época colonial (Becquelin & Bosc, 1973; Taube *et al.*, 2004).

3.10. ASPECTOS LEGALES Y CONSERVACIÓN

El marco legal en Guatemala inicia con los preceptos indicados en la Constitución Política de la República (CPR) que rigen los temas ambientales. A partir de los enunciados de la CPR, se han promulgado leyes que buscan la protección del ambiente y la naturaleza, así por ejemplo se promulgó la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala. Gran parte de la Sierra de las Minas lo constituye la Reserva de Biosfera, siendo su sustento en la "ley de Áreas Protegidas" Decreto 4 -89. La RBSM fue declarada el 4 de octubre de 1990 (Decreto 49-90 del Congreso de la República de Guatemala), posteriormente fue

reconocida por la UNESCO como parte de la Red Internacional de Reservas de la Biosfera, en 1993 (Méndez *et al*., 1993; Gónzalez, 1999). Siendo sus objetivos: "*a) Conservar sus diversos ecosistemas, biodiversidad, recursos genéticos y sus bosques; b)Proteger las fuentes de agua y cuencas hidrográficas, por su importancia socioeconómica para las áreas circundantes de la Reserva; c) Usar en forma sostenible los recursos naturales existentes, para beneficio de las poblaciones locales.) Proteger y manejar la RBSM en forma conjunta con la población local; d) Conocer los ecosistemas y la riqueza biológica y genética de la Reserva, para su aplicación en beneficio del país y la humanidad; y e) Preservar los valores escénicos únicos del área".* (CONAP & FDN, 2015).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ESTACIONES DE REFERENCIA

La red de estaciones meteorológicas en Guatemala es incompleta y restringida a valles y sitios poblados, siendo casi inexistente en áreas montañosas. Los datos climáticos provienen de las estaciones meteorológicas que el INSIVUMEH tiene en el área, los cuales fueron solicitados y extraídos de su página web institucional http://insivumeh.gob.gt/. Las estaciones analizadas son: a) Albores, b) La Fragua, c) Pasabién y c) La Unión. Adicionalmente se obtuvieron datos de la estación San Lorenzo. En la Tabla 4, se indican los datos de todas las estaciones analizadas.

Para complementar la información se elaboraron estaciones virtuales con información proporcionada por Bardales (2016) en formato raster. Estos datos proceden de extrapolar la información de la red de estaciones ubicadas en todo el país. En la Tabla 4, se observan los datos de todas las estaciones, tanto reales como virtuales. En la A partir de esta información se hicieron las primeras diagnosis virtuales y se modelaron mapas de bioclimáticos, sin embargo, los modelos resultantes en este primer ensayo no se ajustaron por completo a la realidad observada en campo, por lo que utilizó la base mundial WorldClim versión 2.1 para 1970-2000 (https://www.worldclim.org/), (Hijmans *et al.*, 2020) con lo cual se obtuvieron datos de precipitación mensual, temperatura media, mínima y máxima. (Hijmans *et al.,* 2005).

El procedimiento incluyó el análisis de 5 estaciones de referencia ubicadas en el área: 1. Pasabién, 2. La Fragua; 3. Los Albores, 4. San Lorenzo, y 5. La Unión. Además, con base en la información recopilada en QGis 3.10, se procesaron otras 12 estaciones cuya información es virtual. Por tanto, la información climática de referencia utilizada para la caracterización bioclimática del territorio procede de 5 estaciones reales y de 12 estaciones virtuales (Tabla 4).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 4. Datos de las estaciones meteorológicas y virtuales para el área de estudio.

Est.	Elev (m)	Lat. ° N	Long. ° W	Local	Tm (°C)	Pp (mm)	AS
LF	210	14°57´	89°35´	FZ	27.3	744.9	19
PB	260	15°1´	89°40´	RZ	27	831.8	19
CC*	305	15°3´	89°36´	R-Z	24.7	1052.8	s/d
HO*	349	14°59	89°46´	U-Z	25.3	1398.7	s/d
CP*	679	15°1´	89°35´	R-Z	23.3	1210.1	s/d
EC*	817	14°59´	89°58´	S-E	16.1	1436.5	s/d
LA	1000	15°57´	89°17´	L-Z	21.6	1731.1	20
BP*	1426	15°04´	89°40´	R-Z	17.6	1469.5	s/d
EM*	1527	15°04´	89°41´	R-Z	17.3	1518.2	s/d
SL	1790	15°3´	89°39´	R-Z	13.8	1561.3	15
AL	1900	15°3´	89°58´	S-E	18.8	1981.7	19
CM*	2282	15°6´	89°40´	R-Z	12.5	2067.3	s/d
BN2*	2357	15°7´	89°42´	R-Z	12.6	2096.3	s/d
BN1*	2284	15°7´	89°41´	R-Z	12.3	2175.6	s/d
BE1*	2536	15°8´	89°42´	R-Z	11.6	2345.2	s/d
BE2*	2868	14°8´	89°4´	R-Z	9.9	2469.1	s/d
CR*	2998	15°9´	89°43´	R-Z	9.3	2515.1	s/d

: Estación virtual; Est: Estación; Elev: Elevación; Lat: Latitud; Long: Longitud; Local: localidad referencia estación. LF: La Fragua; PB: Pasabién; CC: Cerro Cordoncillo; HO: Higinio Oliva*; CP: Churrupaco*; EC: Ecotono bosque seco/pinos*; EM: El Mosquito*; SL: San Lorenzo. Tm: Temperatura media. Pp: Precipitación. AS: Años de servicio. Elaboración propia con datos de INSIVUMEH y Bardales (2016).

4.2. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

El clima es el factor medioambiental responsable de regular la distribución de la vegetación a nivel planetario (Larcher, 2003); otros componentes del sistema como relieve, geografía o suelos un papel secundario (Walter H. , 1985). La Bioclimatología se estructura a partir del establecimiento de las relaciones entre los valores medios del clima (temperatura y precipitación) y las áreas de distribución de las plantas y de las formaciones vegetales (Köppen , 1931; Troll, 1966; Walter & Box, 1976; Bailey , 1996) El conocimiento de la composición, distribución y dinámica de la vegetación, junto con los datos climáticos y los programas informáticos, hacen posible reconocer los límites bioclimáticos y su relación con las discontinuidades de la vegetación, objetivo éste de las

clasificaciones bioclimáticas. El establecimiento de parámetros e índices de referencia permite acotar, a partir de sus valores, la realidad biológica de los pisos de vegetación, lo que permite trazar fronteras biogeográficas en territorios florísticos (Tuhkanen, 1980). Así las diagnosis bioclimáticas presentan un elevado valor predictivo con su consiguiente aplicación práctica y ventajosa en otras disciplinas que traten sobre el estudio de los ecosistemas vegetales.

Las modificaciones climáticas vinculadas con el ascenso altitudinal están asociadas a una disminución de las temperaturas, a un aumento de las precipitaciones, salvo casos concretos, y a modificaciones en la radiación solar. Ello conlleva modificaciones en la estructura y composición de la vegetación, conocido como zonación altitudinal, y expresado en catenas o cliseries altitudinales, en las que se establece el modelo de distribución altitudinal de la vegetación de un territorio. En estos modelos se diferencian los sucesivos pisos de vegetación y su relación con el patrón de la temperatura y la precipitación, especialmente si ambos se abordan de forma integrada mediante índices bioclimáticos con determinados valores discriminantes para establecer los diferentes termotipos y ombrotipos (pisos bioclimáticos). Estos se definen como cada uno de los diferentes niveles o cinturas establecidos a lo largo de un gradiente altitudinal. Es por ello por lo que el clima de las montañas se vincula directamente con el de las tierras bajas de su piedemonte, especialmente en lo que se refiere al ritmo o régimen de las precipitaciones y de las temperaturas (Troll, 1968; Bailey, 1996; Rivas-Martínez et al., 2011b).

Con base en estos planteamientos el presente estudio sigue los conceptos y postulados recogidos en el proyecto "Global Bioclimatics" que sintetiza y modeliza la información climática y vegetacional recogida por décadas en diferentes regiones de la Tierra. El sistema se articula mediante tres niveles fundamentales: macrobioclima, bioclima y piso bioclimático. Sus posibles combinaciones están definidas por ciertos requisitos asociados a valores umbrales discriminantes. El sistema reconoce cinco macrobioclimas y 28 bioclimas; en cada uno de éstos se diferencian los pisos bioclimáticos, definidos mediante dos parámetros: el termotipo, basado en el índice de termicidad (It), y el ombrotipo, fundamentado en el índice ombrotérmico (Io). El concepto de piso bioclimático hace referencia al marco físico o climático que delimita a una realidad biológica, el piso de vegetación. La información bioclimática integrada de los tres niveles se sintetiza en el concepto de isobioclima. El fundamento central del modelo se articula en la relación de reciprocidad entre los valores del clima y la distribución de la vegetación, explicados a través de los pisos bioclimáticos. Asimismo, el sistema recoge aspectos limitantes del clima para las plantas. En su nivel tipológico de mayor rango recoge cinco macrobioclimas, Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar, siendo el primero el único representado en Guatemala.

Los parámetros e índices utilizados en la diagnosis bioclimática se enlistan y definen a continuación:

M: Temperatura media de las máximas del mes más frío (mf).

m: Temperatura media de las mínimas del mes más frío (mf).

Tp: Temperatura positiva anual, suma de los meses de Ti superior a 0ºC en décimas de grados centígrados.

Pp: Precipitación positiva

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

It: Índice de termicidad (T + M + m) x 10 <=> (T + Tmin x 2) x 10

Ic: Índice de continentalidad/oceanidad. Equivale a la amplitud térmica anual, (diferencia entre las temperaturas medias mensuales más alta y baja del año) Ic = Tmax-Tmin en grados centígrados.

Io: Índice ombrotérmico anual. Io = 10 x (Pp/Tp).

Iod1: Índice ombrotérmico mensual de sequía del mes más seco del trimestre más seco del año

Iod2: Índice ombrotérmico bimensual de sequía del bimestre más seco del trimestre más seco del año

Para la elaboración de la cartografía bioclimática se procedió a descargar todas las capas de información de las estaciones en formato raster, para luego procesarlas con la aplicación de software libre QGis 3.10 (https://qgis.org/es/docs/index.html). Con ello se logró plasmar gráficamente la información bioclimática: bioclimas, isobioclimas, termotipos y ombrotipos. Para el cálculo de los índices bioclimáticos de las estaciones meteorológicas reales y virtuales se usaron los programas informáticos desarrollados en lenguaje "R" (https://www.r-project.org/) por Alcaraz (2013).

4.3. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Para abordar el estudio de la vegetación del territorio se ha considerado el concepto de comunidad vegetal, entendiendo por ésta las agrupaciones de plantas que crecen espontáneamente en un determinado biotopo. Así las comunidades son caracterizadas por las especies que mejor definen y caracterizan el medio donde se desarrollan, a la vez que presentan una estructura y fisionomía particular (Sarmiento, 1974; Mueller Dumbois & Ellenberg, 1974; Peinado *et al.,* 2008; Van der Maarel & Franklin, 2013). Las especies en las comunidades tiene determinados atributos ecofisiológicas que les permiten ocupar un determinado nicho ecológico. La capacidad de respuesta de cada especie a factores abióticos y bióticos delimitan sus respectivos nichos. Estos factores también determinan la amplitud ecológica de las especies y determinan que se agrupen aquellas con similares amplitudes (Peinado *et al*., 2008). La ciencia que estudia las comunidades o biocenosis vegetales es conocida como Fitosociología, ciencia derivada de la Geobotánica que se encarga de establecer las relaciones de las agrupaciones de las plantas con el medio y con los cambios temporales (Rivas-Martínez, 1995).

Para la caracterización de la vegetación se ha seguido el método fitosociológico de la escuela sigmatista de Zürich-Montpellier (Westhoff & van der Maarel, 1978; Braun-Blanquet, 1979) basado en el estudio de las comunidades vegetales, entendidas como el conjunto de especies que convergen de modo reiterado en áreas con unas condiciones ambientales de clima y suelo particulares. En su abordaje es indispensable el conocimiento de la flora ya que, a través de las afinidades ecológicas y corológicas de las especies, se podrá conocer su carácter bioindicador. La fitosociología, también denominada fitocenología, sociología vegetal o sinecología está organizada en un sistema jerárquico de sintaxones, en el que la asociación es la unidad elemental, y con el que se pretende establecer una clasificación tipológica y descriptiva de la vegetación donde la asociación se considera como un tipo particular de comunidad vegetal que se ha descrito suficientemente y de forma repetitiva en distintas localidades. Así la asociación ha de presentar los siguientes atributos:

a.- Composición florística relativamente homogénea y repetitiva con respecto a ella misma y original frente a las demás; esta originalidad viene dada por la presencia de especies diagnósticas (características y diferenciales).

b.- Estructura y fisionomía uniforme relacionada con alguno de los siguientes grandes grupos:

- Bosques que generalmente constituyen la etapa madura.
- Matorrales altos o arbustedas (Climácicos o subseriales).
- Matorrales seriales
- Pastizales (Climácicos o seriales).

c.- Ecología: La configuración de la comunidad está enmarcada en un contexto ecológico preciso determinado por factores edáficos, geomorfológicos y climáticos que inciden en su singularidad.

d.- Biogeografía y bioclimatología: Hace referencia a su área de distribución y a su relación con el clima a través del modelo de pisos.

e.- Dinámica: Existen grupos de comunidades que se encuentran entre sí relacionadas por el fenómeno de la sucesión; cada paso particular es una etapa y se corresponde con una comunidad concreta y definida, una distribución característica de un determinado hábitat y unidad biogeográfica y bioclimática.

Como complemento al enfoque fitosociológico seguido se han incorporado algunos de los postulados y conceptos del análisis dinámico catenal del paisaje, conocido como sinfitosociología (Alcaraz, 1996; Géhu, 1991; Géhu & Rivas-Martínez, 1981; Rivas-Martínez 1976, 1987, 1994, 1997; Rivas-Martínez *et al.,* 1999a; Theurillat, 1992). Previo a la realización de los muestreos de campo se efectuaron recorridos por el territorio que sirvieron para considerar el medio geofísico del territorio (geomorfología, sustrato, pendiente, orientación etc.) y su relación con la vegetación (formaciones, especies dominantes, distribución, hábitats, etc.). Considerando el concepto de vegetación potencial (Tüxen, 1956; Rzedowski, 1978; Géhu, 2006), se identificaron sus principales unidades representativas para la realización de los inventarios. En su realización se siguió el criterio de área mínima de superficies homogéneas desde el punto de vista fisionómico-estructural (Westhoff & van der Maarel 1980) y el concepto de vegetación climácica, referida a la climax del proceso sucesional (Rivas-Martínez, 1976; Tüxen, 1979; Géhu & Rivas-Martínez, 1981).

Los inventarios fueron efectuados en una serie de campañas de campo durante los años 2014 a 2020. En la toma de sus datos, en especial los relacionados con las especies, somos conscientes de las posibles ausencias de taxones de difícil detección como determinados epífitos o aquellos con óptimo fenológico en época diferente a la de la realización del inventario. La información recopilada en cada inventario se considera como la parte más importante de todo el proceso metodológico y la base para la caracterización de la vegetación. La comparación entre los inventarios posibilita la individualización de grupos que podrán vincularse con comunidades vegetales y permitir su caracterización a través de sus vínculos florísticos y estructurales, su distribución territorial y su posición dinámica, lo que supone la base de descripción y explicación del paisaje vegetal (Arozena 2000). En la recogida de los datos de campo que componen el inventario fitosociológico se consideraron los siguientes pasos:

1.- Selección de parcelas ecológicamente homogéneas y representativas del tipo de vegetación a muestrear, siguiendo el criterio de área mínima comentado.

2.- Ubicación y caracterización de la parcela considerando atributos como localización, pendiente, exposición, altitud, superficie, % de cobertura por estratos, altura, Con respecto a la localización se procuró utilizar el topónimo original del lugar, seguido del rancho o aldea, y del municipio; además se obtuvieron las coordenadas geográficas y la altitud mediante GPS. Los estratos considerados han sido los expuestos seguidamente, aunque en las tablas se reagruparon en los tres más conspicuos (arbóreo, arbustivo y herbáceo):

- Arbóreo >6 m.
- Arborescente de 3 a 6 m.
- Arbustivo de 1 a 3 m.
- Subarbustivo de 0.5 a 1 m.
- Herbáceo hasta 0.5 m.
- Rasante menores o iguales a 3 cm.

Dado que los inventarios se realizaron en diferentes tipos de bosques, representativos de la vegetación potencial, se ha considerado la tipología de las unidades estructurales de las formaciones leñosas adecuando la propuesta por Rivas-Martínez *et al.,* (1999) que clasifica a aquellos con base en la altura promedio del dosel arbóreo:

Megabosques > 50 m
Macrobosques 22 - 50 m
Mesobosques 12 - 22 m
Microbosques 4 - 12 m
Fruticedas arborescentes o matorrales altos < 4 m.

En la estima de las coberturas se sigue la propuesta de Emberger (1983):

- Cerrada: >90%.
- Poco abierta: 75 a 90%.
- Semi abierta: 50 a 75%.
- Abierta: 25 a 50%.
- Muy abierta: 10 a 25%.
- Extremadamente abierta < 10%.

3.- Elaboración del listado florístico y de las estimas de abundancia - dominancia o cobertura según la escala de Braun-Blanquet (1979).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 5. Escala de índices de cobertura

Índice	Escala
r	Un solo individuo, cobertura despreciable
+	Más individuos, cobertura muy baja
1	Cobertura menor del 5%
2	Cobertura del 5 a 25%
3	Cobertura del 25 a 50%
4	Cobertura del 50 al 75%
5	Cobertura igual o superior al 75%

(Braun-Blanquet, 1979)

Los atributos anteriormente comentados, junto con el número de especies por inventario y el número de orden, aparecen debidamente organizados en cada una de las tablas fitosociológicas que respaldan las asociaciones. Con el propósito de asegurar el completo registro de los datos de los inventarios se ha usado como referencia una ficha de trabajo estandarizada, de acuerdo con lo sugerido por Kent & Coker (1992). Para la detección y selección de especies características o indicadoras de las comunidades, además de comparar la composición florística de los inventarios, se siguieron, cuando fue posible, los criterios y restricciones de carácter ecológico, florístico y geográfico propuestos por Navarro & Maldonado (2002),

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 6. Criterios para selección de especies características.

Criterio	Descripción del criterio
Estenoicidad ecológica	Especies restringidas o casi a determinados ambientes, o bien con máxima distribución en determinadas condiciones ecológicas (bioclimáticas, edáficas, altitudinales, etc.)
Fisonomía	Especies que contribuyan sustancialmente al aspecto o fisonomía de la vegetación
Endemismo	Especies de areal restringido total o parcialmente al territorio de distribución de los tipos de vegetación estudiados
Fidelidad fitosociológica	Especies con alta constancia de presencia en un determinado tipo de vegetación
Centros de origen y diversidad biogeográficos	Especies pertenecientes al grupo de elementos florísticos con centro de origen y/ó diversidad en la unidad biogeográfica donde se incluyen los tipos de vegetación estudiados
Dinámica sucesional ecológica	Especies propias de la estructura dinámica concreta de la vegetación que se estudia (bosque, arbusteda, matorral, herbazal, etc.)

Los aspectos sintaxonómicos y nomenclaturales considerados están basados en definiciones, reglas y recomendaciones de la 4ª edición del Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica (CNF) (Theurillat *et al.*, 2020). Debido al carácter incipiente de los estudios fitosociológicos en el país y, por tanto, a la casi ausencia de referencias sintaxonómicas, no se contempla la propuesta de esquema sintaxonómico. Cuando fue posible, las asociaciones propuestas sí se vinculan con sintaxones con los que puede relacionarse.

4.4. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA

El concepto de flora está referido a la diversidad de taxones reunidos en un área determinada (Mueller Dumbois & Ellenberg, 1974). En este caso, al tratarse de un estudio que pivota en las relaciones entre clima y vegetación, la flora recopilada y analizada procede mayormente de la extraída de los inventarios; por tanto, los resultados obtenidos en el registro florístico no abarcan toda la diversidad del área, aunque sí constituyen una aproximación importante para la zona. En el proceso de levantamiento de los inventarios se procedió a la identificación de la flora in situ; cuando esto no fue posible se recogieron especímenes para su determinación y verificación en el herbario de la Facultad de Agronomía (AGUAT, Prof. Ernesto Carrillo) donde se depositaron los ejemplares colectados y determinados. La colecta y herborización se hicieron siguiendo los procesos estándar para este propósito (Gilberti, 1998; Sánchez-González & Ledesma, 2007) . En el proceso de determinación se utilizaron una serie de recursos que a continuación se especifican por su tipología:

Floras: Flora of Guatemala, Volume 24: Part I (Standley & Stermark, 1958); Part II Grasses of Guatemala (Swallen & Maclure, 1955); Part III. (Standley & Steyermark, 1952); Part IV (Standley & Steyermark, 1946 a); Part V (Standley & Stermark, 1946 b); Part VI (Standley & Steyermark, 1949); Part VII, Number 1 (Standley & Williams, 1961); Part VII, Number 2 (Standley & Williams, 1962) ;Part VII, Number 3 (McVaugh, 1963);

Part VII, Number 4 (Standley & Williams, 1963); Part VIII, Number 1-2 (Standley, Williams, & Lundell, 1966); Part VIII, Number 3 (Standley & Williams, 1967); Part VIII, Number 4 (Standley, Williams, & Gibson, 1969); Part IX, Numbers 1-2 (Standley, Williams, & Gibson, 1970);Part IX, Numbers 2-3 (Standley, Williams, & Gibson, 1973); Part X, Number 1-2 (Gentry & Standley, 1974); Part X, Number 3-4 (Standley, Williams, & Nash, 1974); Part XI, Numbers 1-3 (Standley & Williams, 1975); Part XI, Number 4 (Nash & Dieterle, Flora of Guatemala, Volume 24, Part 11, Number 4, 1976); Part XII (Nash & Williams, 1976) y Part XIII (Williams, 1977). Fern and Fern Allies of Guatemala, Volume 39: Part 1 (Stolze, Fern and Fern Allies of Guatemala: Ophioglossaceae trough Cyatheaceae, 1976); Part 2 (Stolze, 1981); Part 3 (Stolze, 1983).

Bases de datos: Flora Mesoamericana (http://legacy.tropicos.org/Project/FM); Flora de Nicaragua; (http://www.mobot.org/MOBOT/research/nicaragua/flora.shtml); World Flora Online (http://www.worldfloraonline.org/); Plants of the World Online (http://powo.science.kew.org/). Monografías, libros y documentos: Guía de Reconocimiento del Género *Tillandsia* de Guatemala (Véliz, 2010); Las Cactáceas de Guatemala (Véliz, 2008); Helechos arborescentes de Guatemala: distribución, diversidad, uso y manejo, (Véliz & Vargas, 2006); Guía de Campo de los Pinos de México y América Central (Farjón *et al*., 1997); Vida en la zona semiárida de Guatemala (Castañeda Salguero & Ayala, 1996); y Árboles y arbustos de los bosques secos de Guatemala (Castañeda, 2004).

La información florística recopilada se organizó en un catálogo que refleja tanto las especies presentes en nuestros inventarios como aquella procedente de observaciones realizadas fuera de éstos, así como la otras fuentes como: 1. Evaluación Ecológica Rápida de la Reserva de Biosfera "Sierra de Las Minas" (Méndez et al., 1993), 2. Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal, Lic. Mario Dary Rivera (García, 1998), 3. Estudio florístico de los bosques con dominancia de especies del género *Pinus* en la microcuenca del río Colorado, río Hondo, Zacapa (Medinilla, 1999), 4. Estudio florístico de la comunidad del Cipresillo (*Taxus globos*a Schlecht), en los cerros Pinalón, Guaxabajá y Mulujá en la Sierra de las Minas (Rosito Monzón, 1999); 5. Caracterización de las comunidades vegetales asociadas a las familias Lophosoriaceae, Dicksoniaceae y Cyatheaceae en el bosque nublado de la microcuenca Río El Naranjo en la Sierra de las Minas (Vargas Ponce, 1999), 6. Caracterización del bosque de ribera de las subcuencas del río Uyús, El Progreso y Río Hondo, Zacapa en la región semiárida del valle del Motagua (Celis Barrios, 2008) y 7. Análisis de la riqueza florística del bosque seco de la finca San Miguel, municipio de Sanarate, El Progreso, Guatemala C.A. (Porón Valdez, 2011). El sistema de clasificación utilizado fue APG IV Angiosperm Phylogeny Group classification, (Stevens, 2017) y para las cuestiones nomenclaturales de las especies se siguió la propuesta de World Flora Online http://www.worldfloraonline.org/.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

5 RESULTADOS

5.1. BIOCLIMATOLOGÍA

El procedimiento inició con la recopilación de información climática de 5 estaciones de referencia ubicadas en el área de estudio. Las estaciones son: 1. Pasabién, 2. La Fragua; 3. Los Albores, 4. San Lorenzo, y 5. La Unión. Además, con base en la información recopilada en WorldClim (Hijmans, Cameron, Parra, Jones, & Jarvis, 2005), Walter Bardales (2016) e Insivumeh (2018) en el Sistema de Información Geográfica de Código Abierto QGis 3.10, se procesaron otras 12 estaciones cuya información es generada por algoritmos (estaciones virtuales).

5.1.1.Diagnosis de las estaciones.

Los datos obtenidos a partir de la diagnosis bioclimática efectuada para cada una de las estaciones consideradas permitió agrupar a estas según su bioclima. En la Tabla 7, se muestran las diagnosis bioclimáticas para las estaciones del Bioclima Tropical Xérico. Los datos corresponden a las estaciones reales La Fragua y Pasabién, así como la estación virtual Cerro El Cordoncillo.

Tabla 7. Diagnosis bioclimática de las estaciones del Bioclima Tropical Xérico

Est.	m	M	It	Io	Ic	Biocl.	h. t	h. o
LF	18.4	31.6	773	2.27	4.6	TX	Infr Sup	Sec. Inf.
PB	18.4	30.9	762	2.57	4.2	TX	Infr Sup	Sec. Inf.
CC*	17.1	28.8	707	3.53	3.3	TX	Ttr. Inf.	Sec.Sup.

: Estación virtual, Est: Estación, LF: La Fragua, PB: Pasabién, CC: Cerro Cordoncillo. Variables: BC: Bioclima; m: temperatura media de las mínimas del mes más frío; M: temperatura media de las máximas del mes más frío. It: índice de termicidad; Io: índice ombrotérmico anual; Ic: índice de continentalidad. TX: Tropical Xérico; Ttr: termotropical; Infr: Infratropical; Sup: Superior; Inf: Inferior; Sec: Seco; Shu: Subhúmedo. Elaboración propia con datos de (Hijmans et al., 2005, Bardales W., 2016, INSIVUMEH, 2018). Elaboración propia.

En la Tabla 8, se encuentran las diagnosis bioclimáticas para siete estación ubicadas en el Bioclima Tropical Pluviestacional. Las estaciones reales son tres: La Unión, San Lorenzo y Albores. Las estaciones virtuales que son cuatro se les denominó: Churrupaco, Ecotono Bosque Seco/Pino, El Mosquito y Bosque de pinos 1. Para el Bioclima Tropical Pluvial fue necesario calcular todas las estaciones debido a que no existen estaciones reales ubicadas en estos territorios. Los datos de las estaciones virtuales se presentan en la Tabla 9. A estas estaciones virtuales se les denominó: Cerro Los Monos, Bosque Nuboso 2; Bosque Nuboso 1, Camino Bosque Enano, Bosque Enano Cima y Cima Raxón.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 8.Diagnosis bioclimática de las estaciones del Bioclima Tropical Pluviestacional

Est.	m	M	It	Io	Ic	BC	ht	ho
HO*	16.9	29.5	718	5.6	3.7	TX	Inf. Sup	Shu Inf
SL	6.7	17.6	38.1	9.4	2.8	TPe	Mtr Sup	Hu Sup
AL	9.6	22.9	513	8.79	4.5	TPe	Ttr Sup	Hu Inf
LU	14.4	12.8	493	6.68	4.4	TPe	Ttr Inf.	Hu Inf
CH*	14.7	27.7	657	4.32	3.6	TPe	Ttr Inf.	Shu Inf
EC*	13.8	27.0	635	5.16	4.0	TPe	Ttr Sup	Shu Sup
BP*	9.6	21.4	635	6.96	3.4	TPe	Mtr Inf	Hu Inf
EM*	9.2	21.2	477	7.32	3.5	TPe	Mtr inf	Hu Inf

Est.: estación; *: Estación virtual; HO: Higinio Oliva, CH: Churrupaco; EC: Ecotono Bosque Seco/Pinos; LU: La Unión; BP: Bosque de pinos 1; EM: El Mosquito; SL: San Lorenzo; Al: Albores. Variables: m: temperatura media de las mínimas del mes más frío; M: temperatura media de las máximas del mes más frío. It: índice de termicidad; Io: índice ombrotérmico anual; Ic: índice de continentalidad; BC: Bioclima; ht: horizonte termotípico; ho: horizonte ombrotípico TPe: Tropical pluviestacional; Ttr: Termotropical; Mtr: Mesotropical; Shu: Subhúmedo; Hu: Húmedo; Inf: Inferior; Sup: Superior. Elaboración propia.

Tabla 9. Diagnosis bioclimática de las estaciones del Bioclima Tropical Pluvial.

Est.	m	M	It	Io	Iod2	Ic	BC	ht	ho
CM*	9.2	21.2	332	13.8	3.0	3.8	TP	Ttr Sup	Hhu Inf
BN2*	4	16.2	325	14.7	3.4	3.8	TP	Mtr Sup	Hhu Inf
BN1*	4.46	16.3	334	13.8	3.0	3.8	TP	Mtr Sup	Hhu Inf
CE*	3.06	15.5	301	13.3	3.8	3.9	TP	Str Inf	Hhu Inf
BE*	1.15	13.6	249	13.7	4.0	4.0	TP	Str Inf	Hhu Inf
RX*	0.46	13.3	231	22.5	5.5	4.1	TP	Str Sup	Hhu Sup

Est.: estación; *: Estación virtual; **CM**: Cerro Los Monos; **BN2**: Bosque Nuboso 2; **BN1**: Bosque Nuboso 1; **CE**: Camino Bosque Enano; **BE**: Bosque Enano Cima; **RX:** Cima Raxón; **Variables**: **m:** temperatura media de las mínimas del mes más frío; **M:** temperatura media de las máximas del mes más frío; **It:** índice de termicidad; **Io:** índice ombrotérmico anual; **Iod2:** Índice ombrotérmico del bimestre más seco **Ic**: índice de continentalidad; **BC**: Bioclima; **ht:** horizonte termotípico; **ho:** horizonte ombrotípico **TPe**: Tropical pluviestacional; **Ttr**: Termotropical; **Mtr**: Mesotropical; **Str**: Supratropical; **Shu**: Subhúmedo; Hu: Húmedo; **Hhu**: Hiperhúmedo; **Inf**: Inferior; **Sup**: Superior. Elaboración propia.

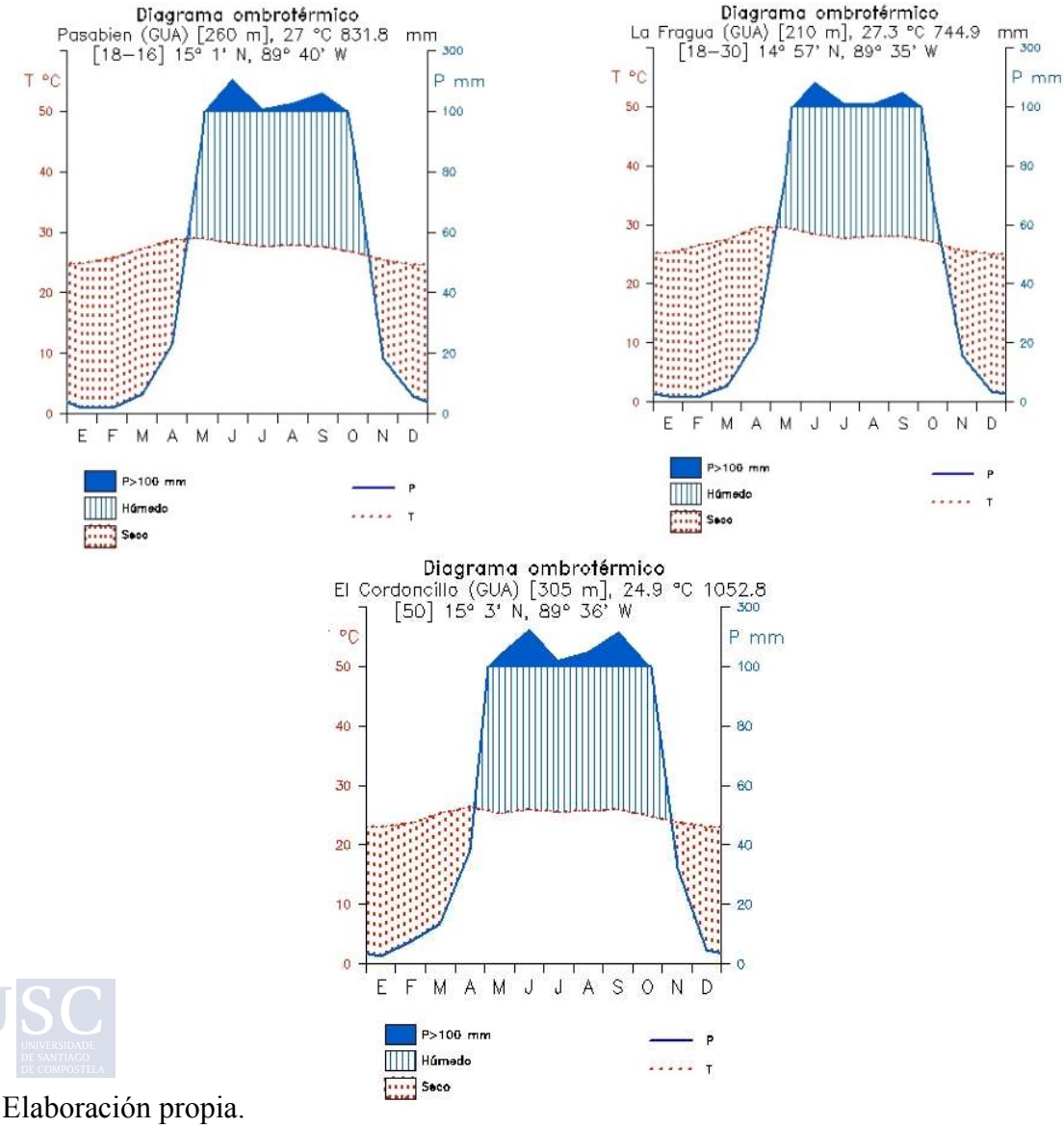
USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.1.2.Diagramas ombrotérmicos

Los diagramas ombrotérmicos se procesaron en el programa en lenguaje R de Alcaraz (2013). En la Figura 6 se pueden apreciar los diagramas ombrotérmicos de las estaciones del Bioclima Tropical Xérico. Los períodos secos se presentan de noviembre

a mayo. Los picos de precipitación son en junio y septiembre, con un período de baja de lluvias llamada canícula. Este fenómeno se presenta de julio a agosto y puede en casos extremos durar hasta 45 días seguidos sin lluvias (OCHA, 2014). En la Figura 7, se observan los diagramas ombrotérmicos de las estaciones del Bioclima Tropical Pluviestacional, con temperaturas menores y una época seca menos pronunciada en comparación con las estaciones del Bioclima Tropical Xérico. En la figura 8 están representados los diagramas ombrotérmicos de las estaciones reales y virtuales del Bioclima Tropical Pluvial. En estos casos no se presenta un marcado déficit de lluvia, además existen aportes adicionales de humedad por el constante aporte de humedad proveniente del mar Caribe, que asciende desde el norte (Campbell 1982; Holder, 2006). Las estaciones Cima del Bosque Enano y Cima Cerro Raxón, son además de nubosos muy ventosos. El Cerro Raxón es la máxima elevación en la Sierra de las Minas (CONAP & FDN, 2015).

Figura 6. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones del Bioclima Tropical Xérico

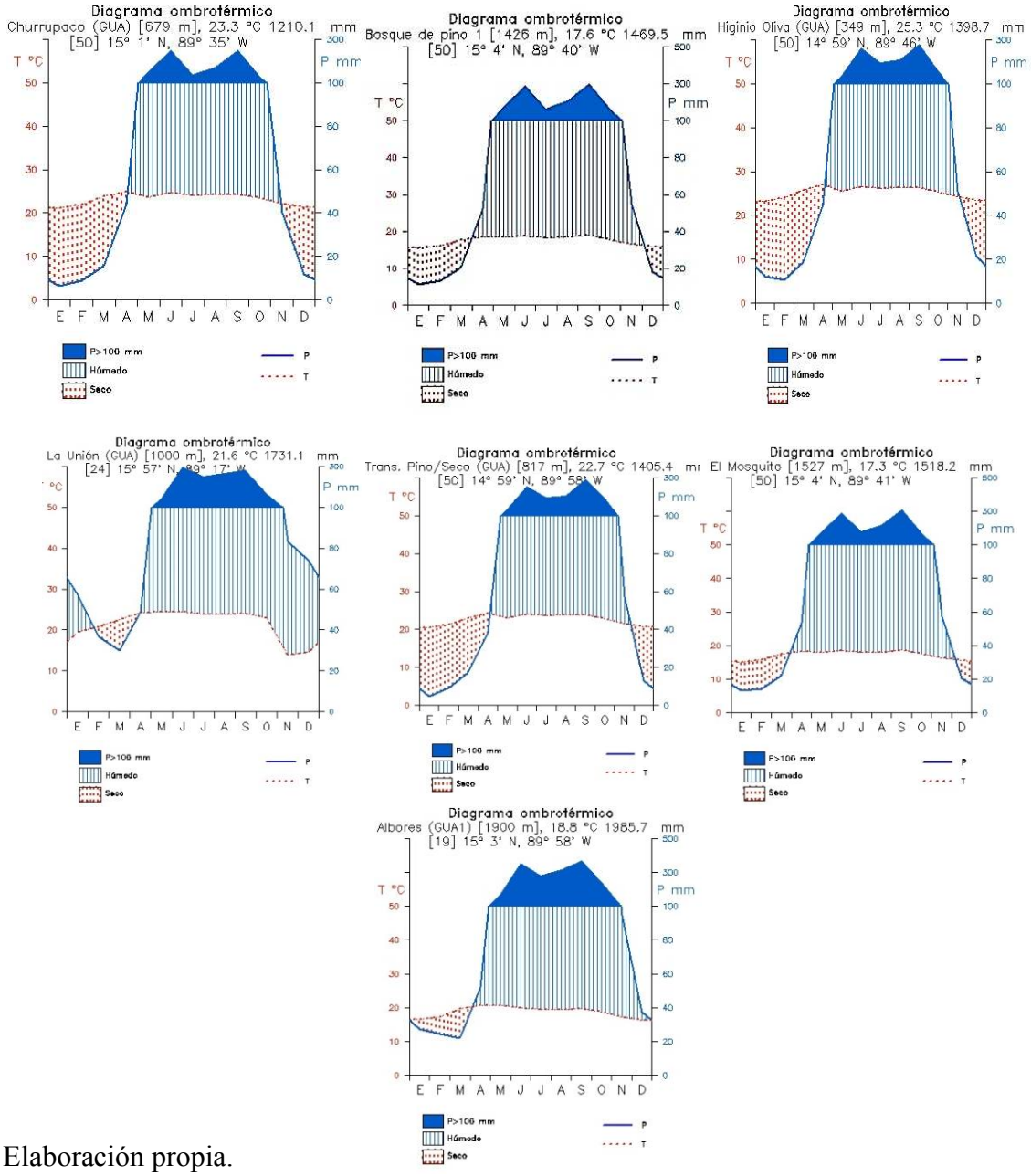


Elaboración propia.

En la Figura 7, se observan los diagramas ombrotérmicos de las estaciones del Bioclima Tropical Pluviestacional.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Figura 7. Diagrama ombrotérmico de las estaciones del Bioclima Tropical Pluviestacional.

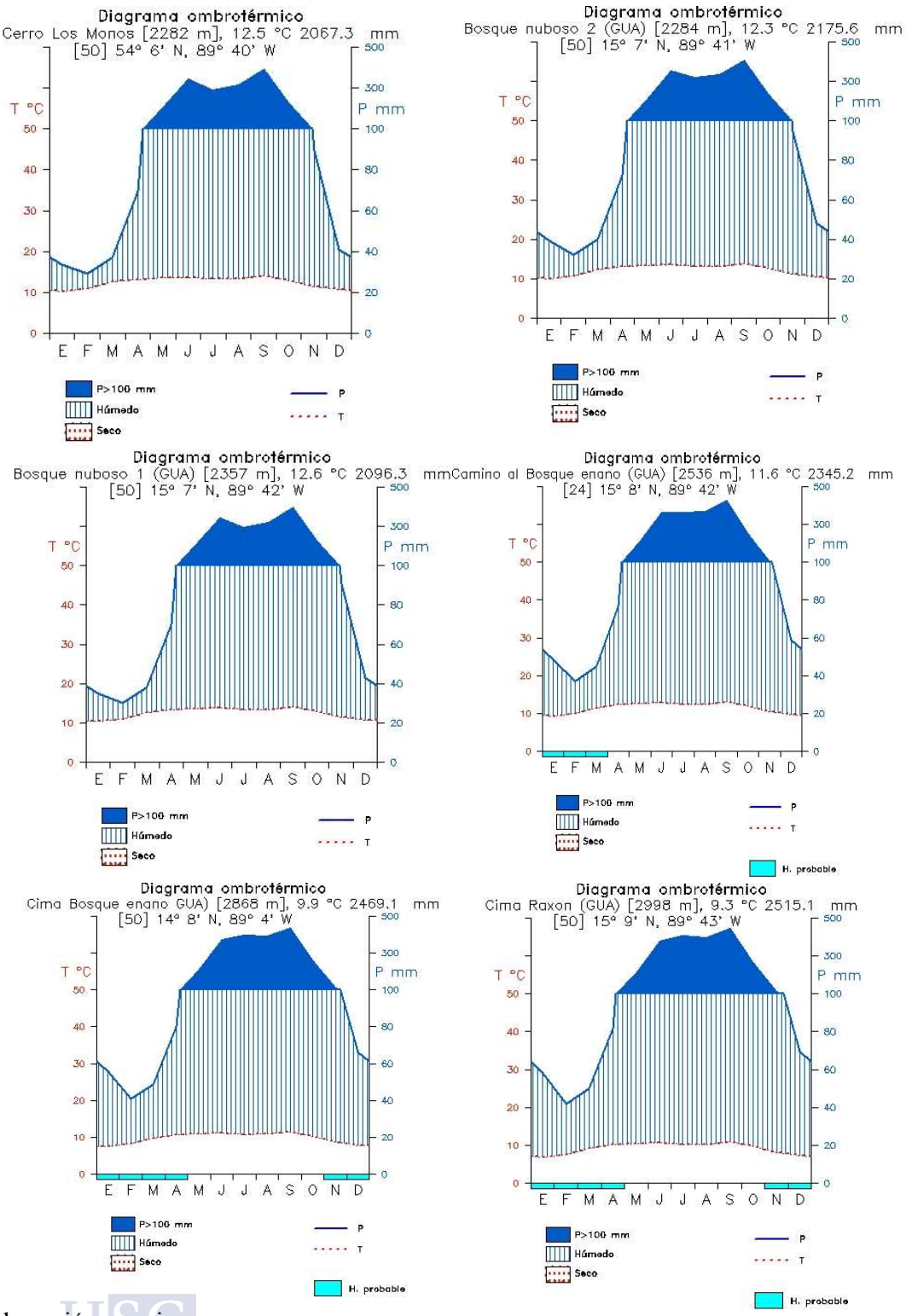


Elaboración propia.

En la figura 8 están representados los diagramas ombrotérmicos de las estaciones reales y virtuales del Bioclima Tropical Pluvial. En estos casos no se presenta un marcado déficit de lluvia, además existen aportes adicionales de humedad del mar Caribe, que asciende desde el norte (Campbell 1982; Holder, 2006). Las estaciones Cima del Bosque Enano y Cima Cerro Raxón, son además de nubosos muy ventosos. El Cerro Raxón es la máxima elevación en la Sierra de las Minas (CONAP & FDN, 2015).

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 8. Diagramas ombrotérmicos de las estaciones del Bioclima Tropical Pluvial



Elaboración propia.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

En la Tabla 10, se muestran relaciones de equivalencia entre los resultados bioclimáticos del sistema de Rivas-Martínez con otros usados en Guatemala, como Holdridge y Köppen.

Tabla 10 Equivalencias para las estaciones en las distintas clasificaciones climáticas y bioclimáticas

Est.	RM	Lang	M	DR	H	K
SL	TPle	112.8 Zhbd	65.5 Ph	0,9 Zona Húmeda	bmh-MBT	Cw Tropical de Altura
AL	TPle	105.5 Zbdh	68.9 Ph	0.9 Zona Húmeda	bmh-MBT	Cwb Tropical de Altura
LF	TPxe	25,3 Zade	19,1 Sa	4 Zona Árida	bms-T	Aw Sabana
LU	TPle	70,4 Zhbr	50 Hu	1.4 Zona Húmeda	bh-MBT	Aw Sabana
PS	TPxe	28,8 Zade	21,7 SHu	3,5 Zona Árida	bms-T	Aw Sábana

Autores: RM: Rivas Martínez; L: Lang; M: Martone; DR: Dartin y Revenga; H: Holdrige; K: Köppen. Estaciones del área de estudios: SL: San Lorenzo; AL: Albores; LF: La Fragua; LU: La Unión; PS: Pasabién; TPle: Tropical pluviestacional; TPxe: Tropical Xérico; Zhbd: Zona húmeda de bosque densos; Zhbr: Zona húmedos de bosques ralos; Zade: Zona árida de estepas; Zbdh: Zona de bosques densos húmedos. Ph: Perhúmedo; Sa: Semiárido; Shu: Subhúmedo; Hu: Húmedo; bmh-MBT: Bosque muy húmedo montano bajo tropical; bh-MBT: Bosque húmedo montano bajo tropical.; bms-T Bosque muy seco tropical. Elaboración propia con Datos de INSIVUMEH y procesado en el programa R de Francisco Alcaraz (Op.cit)

5.1.3.Expresión territorial de las unidades bioclimáticas

En el cuadrante suroccidental de la Sierra de Las Minas, se determinaron, usando estaciones reales y virtuales las siguientes categorías bioclimáticas.

•**Macrobioclima:** Tropical

•**Bioclimas:** Tropical Xérico, Tropical Pluviestacional, Tropical Pluvial

•**Termotipos:** Infratropical, Termotropical, Mesotropical, Supratropical

•**Ombrotipos:** Seco, Subhúmedo, Húmedo e Hiperhúmedo

•**Isobioclimas:** Tropical Xérico (Tr Xe) Infratropical Seco, Tr Xe Termotropical Seco, Tropical Pluviestacional (Tr Pe) Infratropical Subhúmedo, Tr Pe Termotropical Subhúmedo, Tr Pe Mesotropical Subhúmedo, Tr Pe Mesotropical Húmedo, Tropical Pluvial (Tr Pl) Mesotropical Hiperhúmedo y Tr Pl Supratropical Hiperhúmedo.

El bioclima Tropical Xérico se encuentra en el fondo del valle del Motagua y en las estribaciones de la Sierra de la Minas; el Tropical Pluviestacional se encuentra a partir de cotas que varían de 700 m al oeste a 450 al este. Su cota superior se encuentra entre 1,800 y 2,200m aproximadamente; el Tropical Pluvial, se ubica en cotas superiores a 2,200 m

Termotipos:

- **Infratropical,** se encuentra en el fondo del valle y abarca elevaciones cercanas a 450 o un poco más al oeste.
- **Termotropical,** se encuentra a elevaciones bajas y medias de la Sierra de las Minas, entre 450 a 1,600 m.
- **Mesotropical** se ubica en elevaciones medias y altas entre 1,600 a 2,200 m aproximadamente.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

- **Supratropical**, se le ubica en las cumbres y cotas altas de las Sierra a elevaciones por encima de 2,200 m.

Ombrotipos:

- **Seco**, se le ubica en las planicies del valle del Motagua, cubriendo los cerros y la estribaciones bajas hasta unos 600 m de elevación y un poco más alto al oeste.
- **Subhúmedo**, se ubica en una franja que se estrecha en dirección al este, en cotas variables en partir de 600 o 750 al oeste.
- **Húmedo**, es un ombrotipo que se encuentra en cotas medias y altas de la Sierra sobre 750 hasta aproximadamente 2,200 m.
- **Hiperhúmedo**, ocupa las áreas más altas de la Sierra arriba de 2,200 m de elevación, en donde es frecuente encontrar nubes por efecto de condensación de humedad proveniente de los litorales, especialmente del Caribe.

A continuación, se presentan los mapas desarrollados con el uso de QGis 3.10 con datos de WorldClim. Los mapas son: Bioclimas (Figura 9), Mapa de Ombrotipos (Figura 10) y Mapa de Termotipos (Figura 11.)

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 9. Mapa de Bioclimas presentes en la Sierra de las Minas

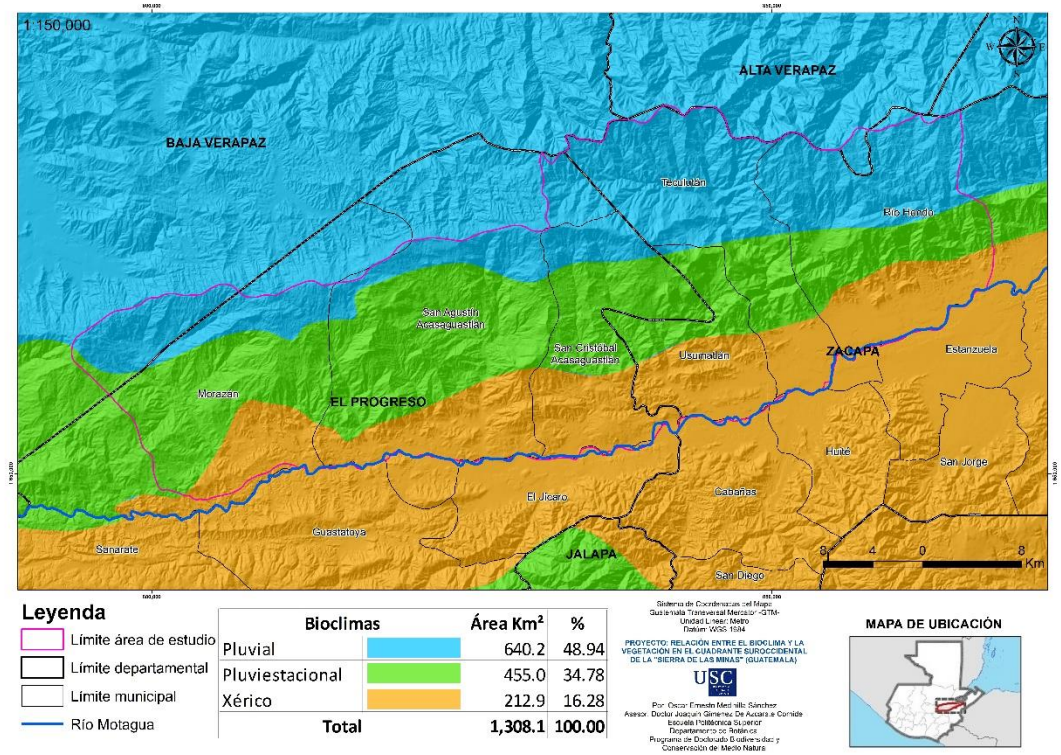
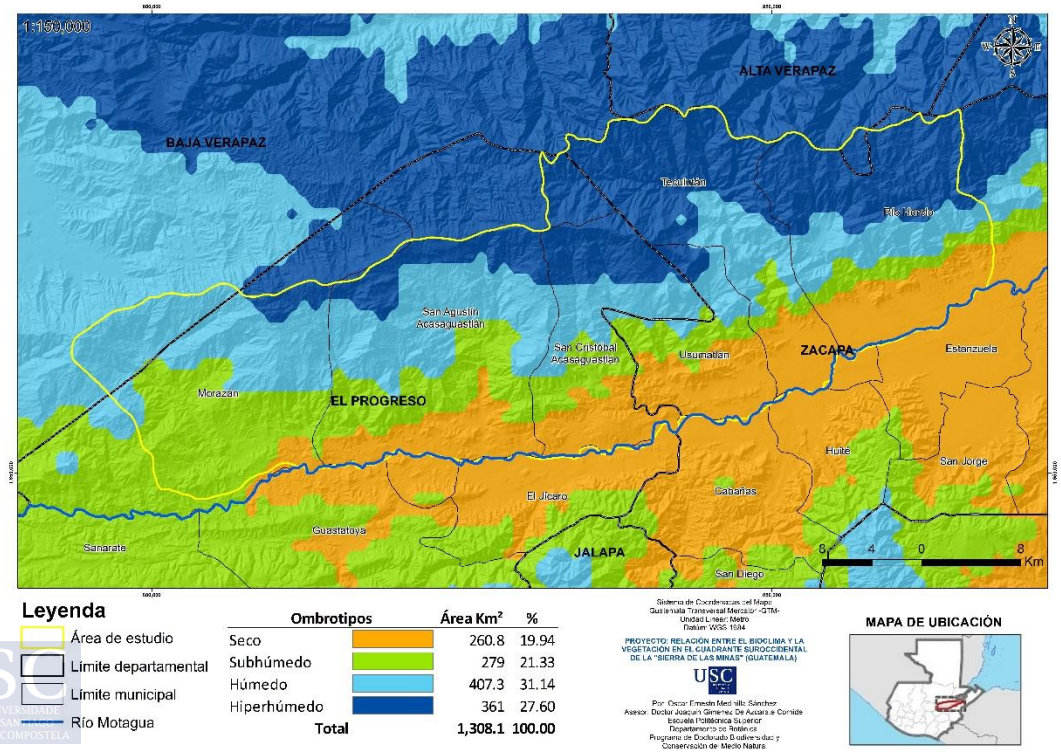
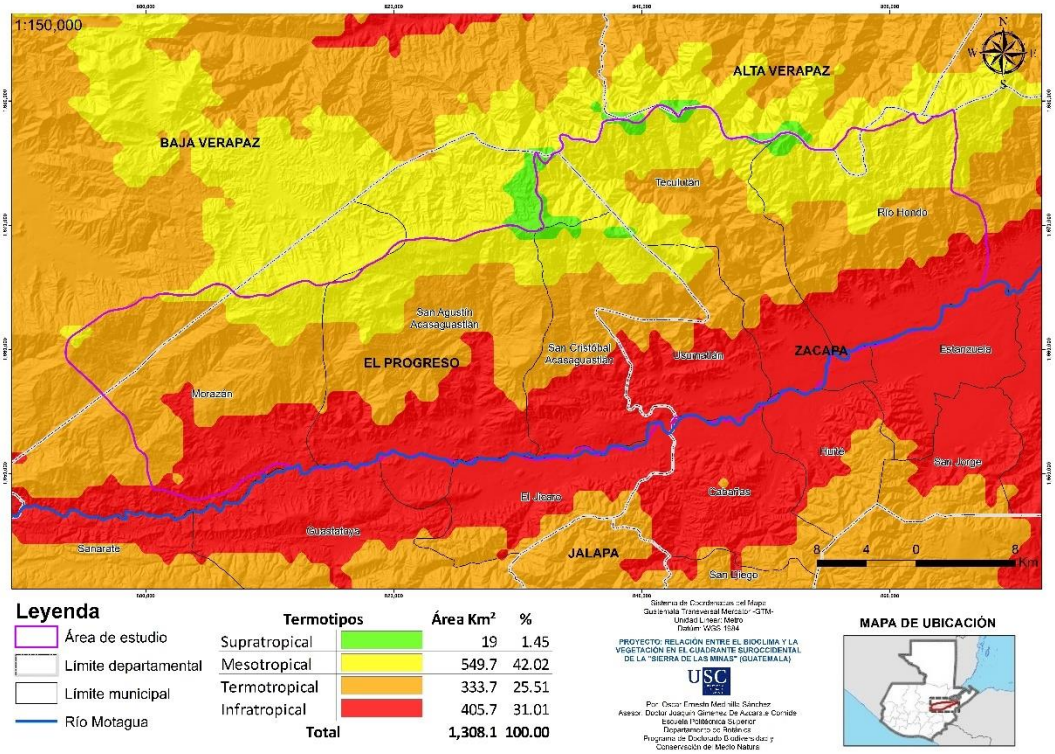


Figura 10. Mapa de Ombrotipos de la Sierra de las Minas



USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 11. Mapa de Termotipos de la Sierra de las Minas



5.1.4.Bioclimas periféricos

Los cambios más notables de bioclima suceden al noroeste de la Sierra de las Minas, debido a la cercanía al mar Caribe y porque ocurren cambios significativos en la elevación de las montañas cada vez más bajas conforme recorren desde el suroccidente. Las estaciones meteorológicas del departamento de Izabal: Puerto Barrios, Los Amates y Mariscos, indican los siguientes bioclimas para el área.

Estación meteorológica

- Puerto Barrios: Tropical Pluvial Infratropical Húmedo
- Los Amates: Tropical Pluviestacional Infratropical Subhúmedo
- Mariscos: Tropical Pluvial Infratropical Húmedo

5.2. VEGETACIÓN

La mayoría de los trabajos de flora, vegetación y bioclima de la Sierra de las Minas iniciaron en los años 90 del pasado siglo. El CECON elaboró el estudio "Evaluación Ecológica Rápida de la Sierra de las Minas", en donde se dividen los ecosistemas en las siguientes unidades: Bosque ubicados a elevaciones de 2,600 a 2,900 m en donde predominan especies coníferas como *Pinus pseudostrobus, Pinus ayacahuite y Quercus acatenanguensis*. Bosque nuboso tipo A, ubicada al oeste del macizo montañoso y a elevaciones entre 2,400 a 1,800 m. Especies descritas son: *Persea vesticula, Quercus sapotaefolia, Hedysomum mexicanum y Cyathea fulva.* Bosque nuboso tipo B, se ubica del centro hacia el este, en elevaciones de 1,800 a 2,400 m, con especies representativas como *Podocarpus oleifolius, Quercus sp, Persea sessilis, Cyathea fulva, Cleyera*

theaeoides y Parathesis vulgata. Comunidad de bosque tropical, ubicado al norte de la Sierra de las Minas, en elevaciones de 300 a 1,500 m, con especies como *Castilla elastica, Genipa caruto* y *Chamaedorea spp*. (Méndez *et al.*, 1993).

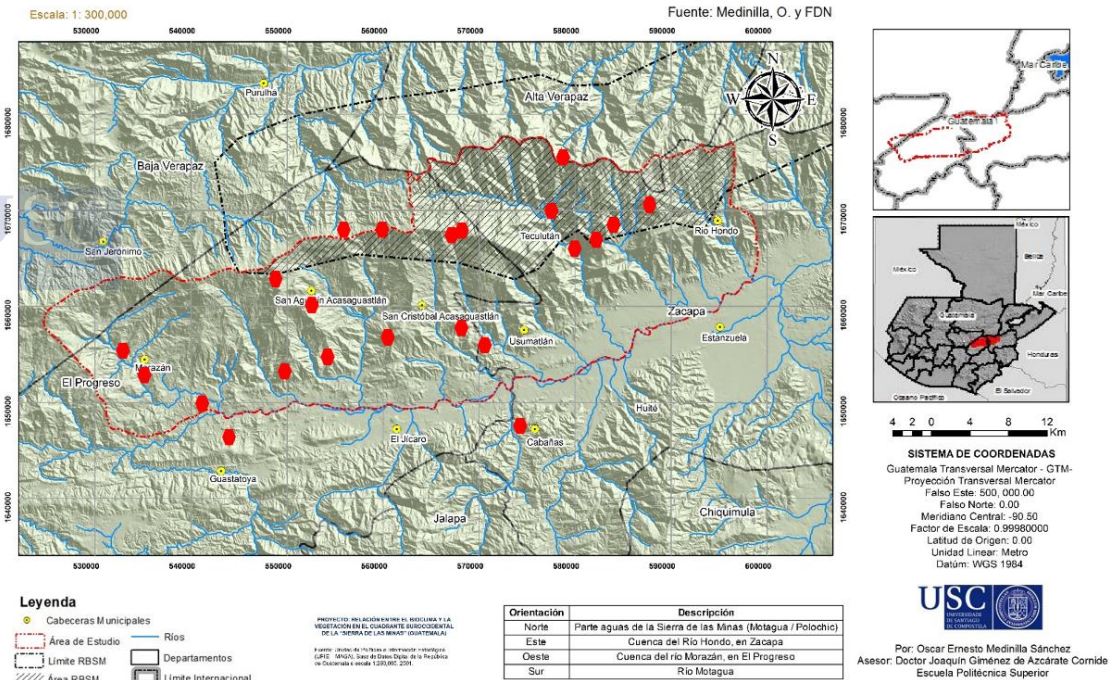
Rosito (1999) desarrolló su trabajo en las comunidades de Ciprecillo *Taxus globosa*, encontrando cuatro asociaciones distintas: 1. Bosque de Latifoliadas con 80% de latifolidas, con especies dominantes *Quercus sapotifolia*, Quercus acatenagensis (actualmente *Q. ocoteifolia*) y *Pinus ayacahuite* 2. Bosques mixtos con 35 % de especies latifoliadas y 65% de coníferas, con especies representativas *Pinus ayacahuite; Pinus pseudostrobus y Ternstroemia tepezapote* y 3.) Coníferas de escarpe bajo del Cerro Pinalón, con especies como *Pinus maximinoii* y *P. tecunumanii*. Vargas (1999) Trabajando con helechos arborescente determinó dos comunidades florísticas bien diferenciadas: 1. *Comunidad de Quercus sapotifolia, Abies guatemalensis* y *Culcita cunifolia*. Medinilla (1999) enfocado en las comunidades de pinos y robles del sur de la Sierra, describe dos asociaciones de pinos y robles, el bosque nuboso y partes de los bosques xéricos del sur. García (1998), en el "Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal, Lic. Mario Dary Rivera", separó la selva nublada en tres tipos: 1. Selva densa, 2. Selva semidensa y 3. Áreas de disturbio.

Bosques secos caducifolios de los valles del Motagua en las estribaciones de la Sierra de las Minas también han sido estudiados y de alguna manera clasificada su vegetación (Castañeda & Ayala, 1996; Celis Barrios, 2008; Porón Valdez, 2011). San Emeterio (2001) trabajó la flora y vegetación de las cuencas Juan De Paz y Las Cañas, en donde uso del método fitosociológico y el sistema bioclimático de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez & Rivas-Saénz, 1996-2020). El estudio aporta importantes conocimientos de flora, vegetación y bioclima en tanto para la ladera norte como sur de la Sierra de las Minas, un sitio que aún ha sido poco estudiado.

5.2.1.Clasificación y Ordenación

Para el estudio de la vegetación se tomaron como referencia los datos espaciales y florísticos recogidos en 170 inventarios fitosociológicos. Sin embargo, debido a que cinco de ellos provocaban distorsión en los análisis, se procedió a su eliminación, quedando un total final de 165. Las áreas donde se concentraron los inventarios se presentan en la Figura 12.

Figura 12. Mapa de las áreas de muestreo en el cuadrante suroccidental de la Sierra de las Minas.

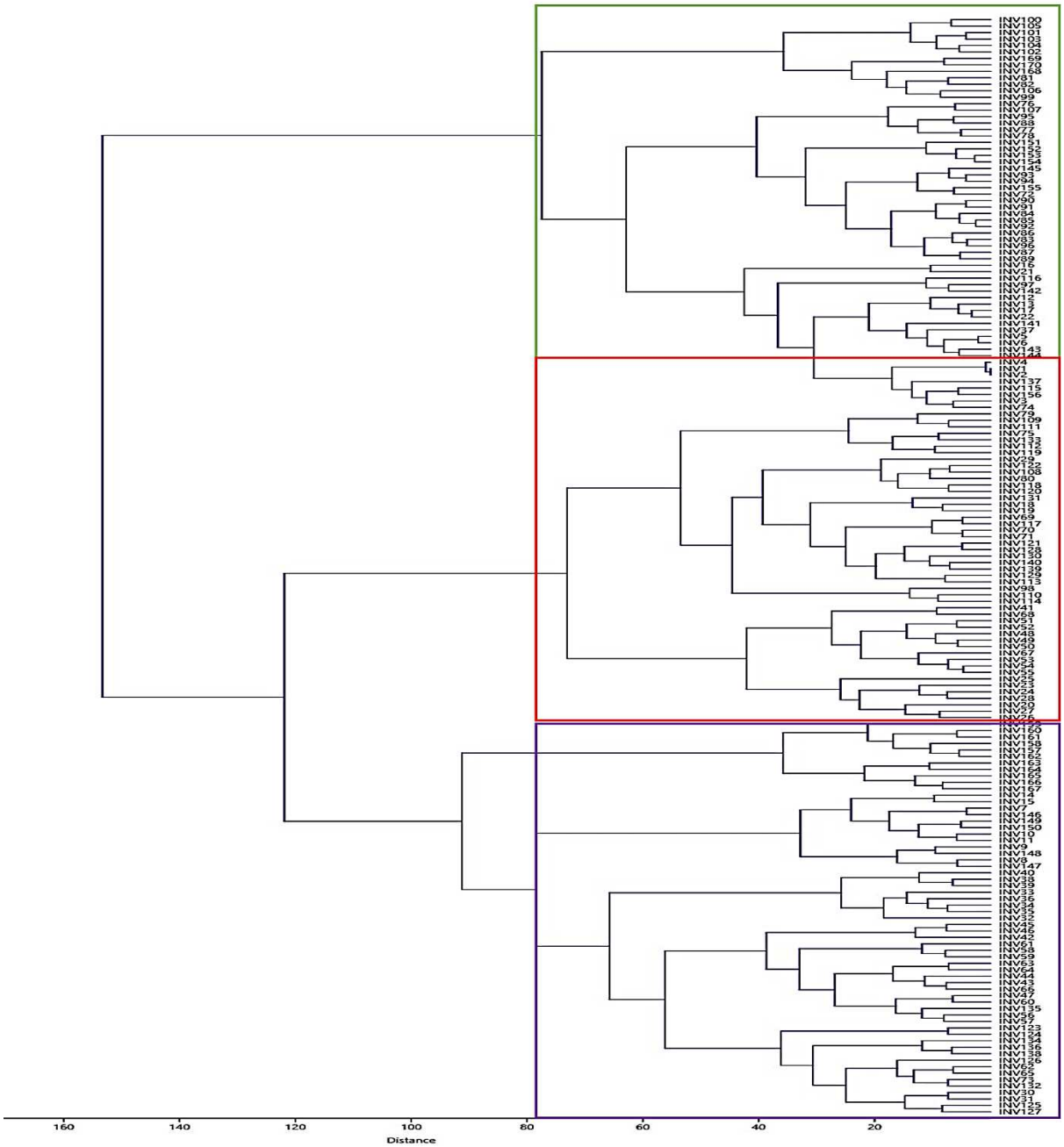


Los inventarios se trasladaron desde las libretas de campo a un libro de Excel ®. En distintas hojas se colocaron los datos de los inventarios, mientras que en otra se reoganizaron en una tabla general tomando como base solo las especies leñosas presentes en los inventarios. La tabla general se trasladó a un formato de texto para que se pudiera procesar en Ginkgo (De Cáceres , 2006) y en PAST (Øyvind *et al.*, 2001).

En una primera instancia se corrió la matriz que contenía la tabla general de inventario y especies en el programa Ginkgo y posteriormente en el PAST. Fue en esta última aplicación informática que se decidió desarrollar todos los análisis. Se procedió a desarrollar un análisis clúster utilizando índices de similaridad de distancias euclideanas y el método de Ward. De esteproceso se generó un dendrograma, en donde se observan distribuidos todos los inventarios de acuerdo con sus afinidades. Para determinar como se agrupan los inventarios se tomó en cuenta el primer corte del dendrograma y los datos tomados para cada inventario como la elevación y las especies que contienen. De este primer análisis se determinó que existen tres grupos: El primer grupo concentra los inventarios realizados en los bosques perennifolios de montaña, conformados por coníferas, bosques nubosos y mixtos, que se ubican en las partes medias y altas de la Sierra de las Minas. Los otros dos grupos incluyen inventarios ubicados en bosques secos caducifolios del valle y cerros bajos de la ladera sur. El número de inventarios por grupo varía, siendo mayor en los sitios con mejor acceso, especialmente en áreas bajas del valle. Los inventarios que representan los bosques secos caducifolios de los valles y planicies son 109, mientras que para bosques perennifolios de montaña son 56. En el dendrograma de la figura 13, se indican los tres grupos delimitados por rectángulos de colores, en donde el verde corresponde al grupo de inventarios del Bosque Perennifolio de Montaña, el rojo y el morado corresponden a los ubicados en el Bosque Caducifolio del Valle y Planicies.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

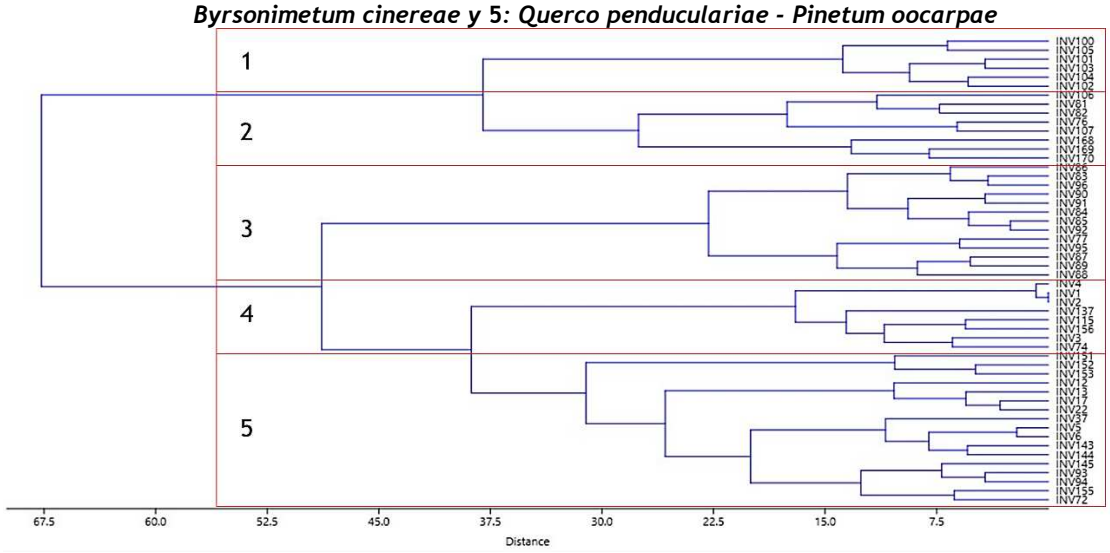
Figura 13. Análisis Clúster de los inventarios. Enmarcado en verde los de Bosques Perennifolios de Montaña. En rojo y morado los dos grupos de los Bosques caducifolios de Valle y las planicies



Elaboración propia.

Debido a que los primeros grupos contienen muchos inventarios, se procedió a elaborar un análisis clúster, esta vez para cada grupo identificado. Los resultados obtenidos del análisis del grupo de Bosque Perennifolios de Montaña observan en la figura 14. Utilizando nuevamente el primer corte del dendrograma y las especies, se concluyó la presencia de cinco nuevos grupos a los que se les asignó el nombre de asociaciones: 1. *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii;* 2*: Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae;* 3*: Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae;* 4*: Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae y* 5*: Querco penducullariae - Pinetum oocarpae*.

Figura 14. Análisis clúster del Grupo Bosques Perennifolios. Asociaciones: 1: *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii*; 2: *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae*; 3: *Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae*; 4: *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae* y 5: *Querco penducullariae - Pinetum oocarpae*

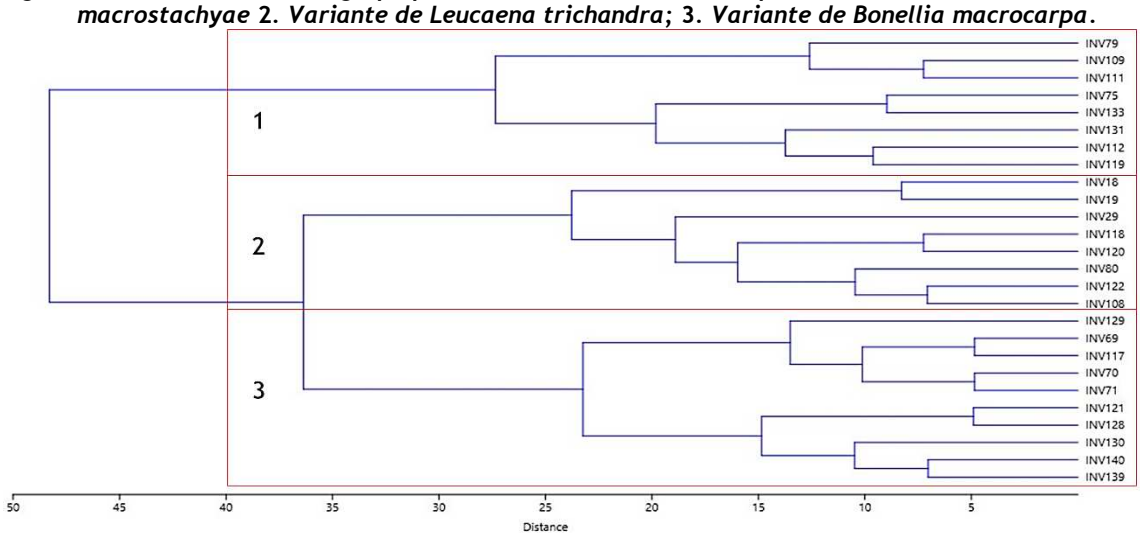


Elaboración propia.

Para los Bosques Caducifolios del Valle y Planicie se diferenciaron dos grandes grupos marcados en rojo y azul (Figura 13). En el primero se identifica la asociación *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae* -típica- y dos variantes (Figura 15). En el grupo azul se diferenciaron cuatro asociaciones: *Guaico sancti - Caesalpinetum velutinae, Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae, Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae* y *Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae* (Figura 16).

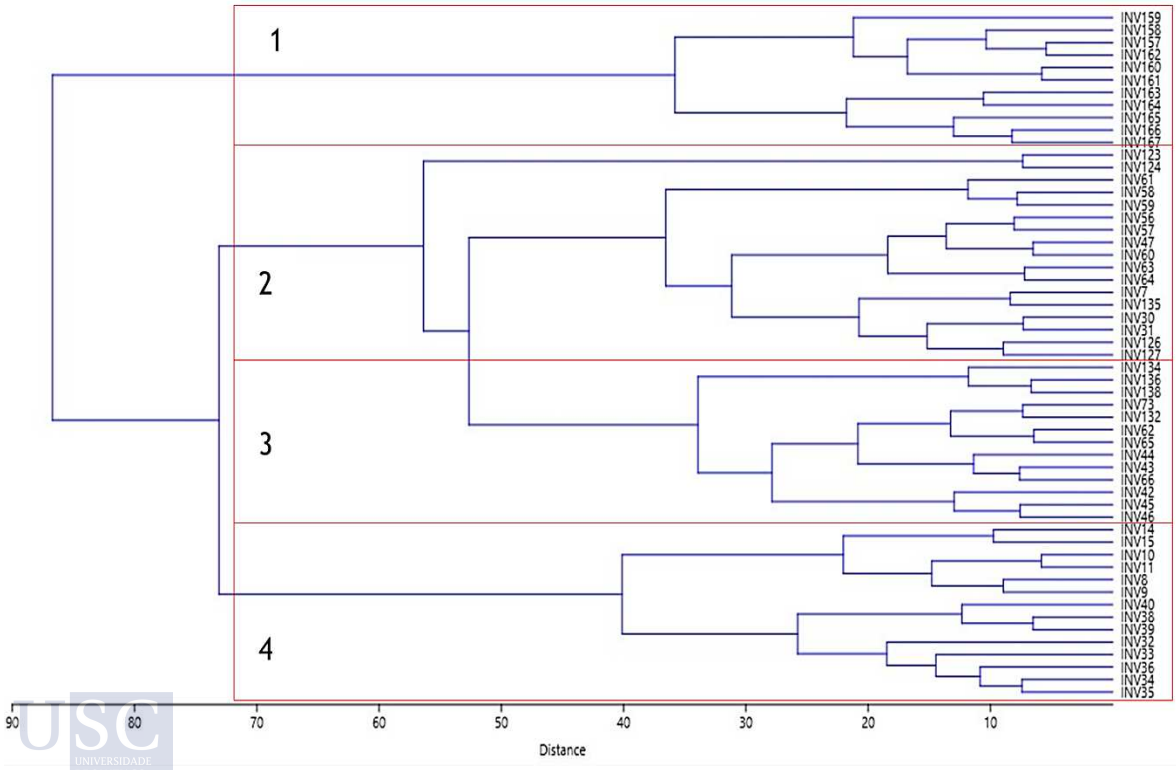
USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 15. Análisis clúster del grupo por las asociaciones:1. *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae* 2. *Variante de Leucaena trichandra*; 3. *Variante de Bonellia macrocarpa*.



Elaboración propia.

Figura 16. Análisis del grupo compuesto por las asociaciones: 1. *Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae*, 2. *Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae*, 3*: Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae*, y *4. Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae*.



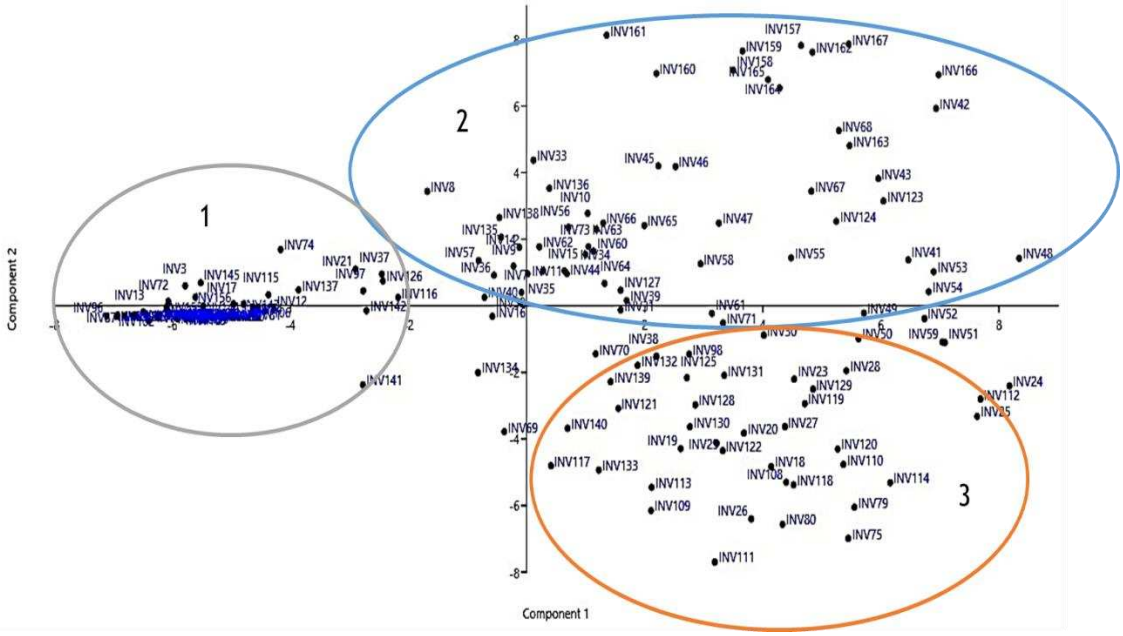
USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Elaboración propia.

Adicionalmente se efectuó un análisis de ordenación utilizando el paquete estadístico PAST; con lo cual se procesó una matriz de doble entrada, inventarios/especies,

utilizando los análisis PCA y CCA. El primero permite ver como se organizan los diferentes inventarios generados (Figura 17). El conjunto de datos se organiza sobre el eje component 2 y se observa que a la izquierda se agrupan los inventarios que representan a los Bosques Perennifolios de Montaña (circulo gris, 1) y en los cuadrantes inferior y superior derecho se aglutinan los inventarios que pertenecen a los Bosques Caducifolios de Valle y Planicies (círculos azul y naranja, 2 y 3 respectivamente). Los inventarios dentro del círculo azul contienen las asociaciones *Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae, Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae, Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae* y *Bursero simarubae -Lysilometum divaricatae*. Mientras que los inventarios dentro del círculo naranja forman parte de la asociación *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae* y sus dos variantes (var. *Leucaena trichandra y* var. de *Bonellia macrocarpa*)

Figura 17. Análisis PCA de los inventarios
1. Bosques Perennifolios de montaña, 2 y 3 Bosques Caducifolios del Valle y Planicies.

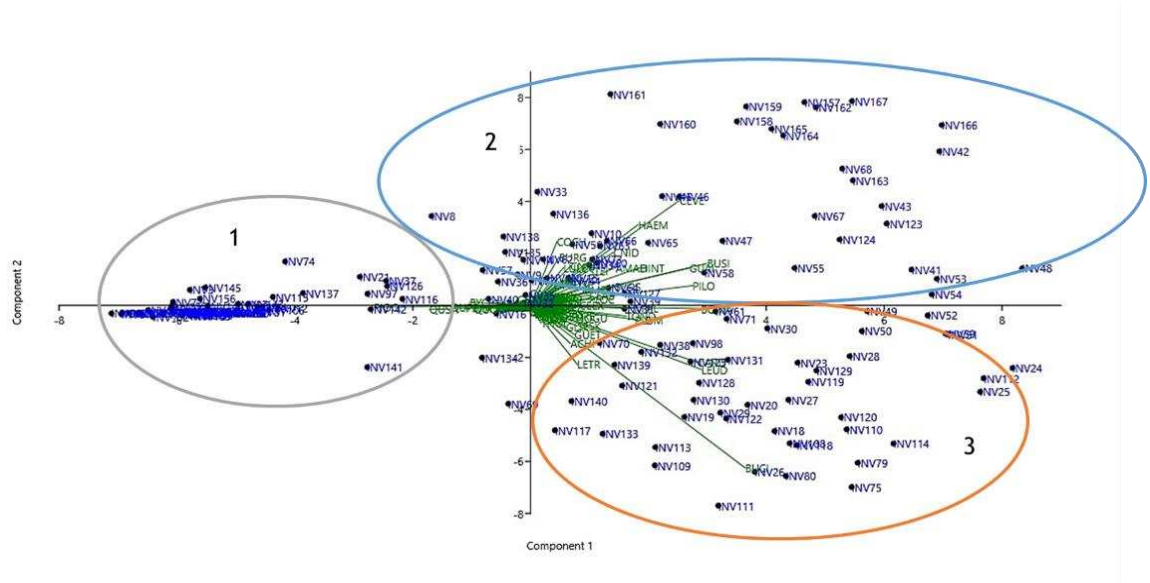


Elaboración propia.

Utilizando los mismos datos se generó un segundo diagrama, esta vez biplot, en donde aparecen además de los inventarios las especies. No es posible ver completamente el grupo de especies debido a lo compacto del diagrama generado en PAST; sin embargo, algunas especies como *Haematoxylum brasiletto* (HAEM), *Bursera simaruba* (BUSI), *Pilocereus leucephalus* (PILO) sí se pueden reconocer. Estas especies se distribuyen sobre component 2, el cual contiene los inventarios de los Bosques Caducifolios de Valle (Figura 18). Con estos análisis se pueden ver como se agrupan y distribuyen los inventarios y especies a lo largo de los ejes 1 y 2 (componentes principales).

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 18. Análisis Biplot PCA de los inventarios y especies

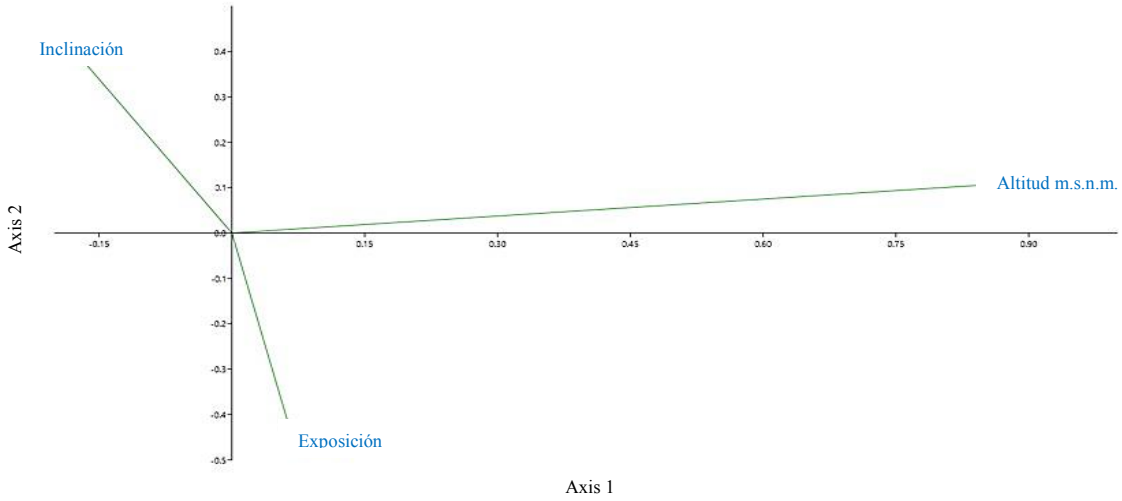


Elaboración propia.

Para indagar sobre los factores ambientales responsables de la agrupación de inventarios y especies, se realizó un análisis de correspondencia canónica CCA, tomando como variables la altitud, la exposición y la pendiente. En la figura 19, se observan los vectores de las variable altitud, exposición e inclinación. El vector de altitud se aproxima al eje 2 de la gráfica, mientras que la exposición e inclinación lo hacen hacia el eje 1. En el siguiente paso se agregaron los inventarios, generándose el diagrama de la Figura 19. En esta grafica se indica que los distintos inventarios tienden a agruparse a lo largo del eje 2, el cual representa la elevación. Por lo tanto, se deduce que es la elevación el factor que mejor explica la distribución de las comunidades en el área de estudio En la figura 20 se muestran como los inventarios correspondientes al Bosques Perennifolios de Montaña y aquellos que corresponden a los Bosques Caducifolios de Valle se agrupan a lo largo del eje 2, siguiendo un patrón en donde los inventarios situados a mayor elevación se encuentran a la derecha del eje, mientras que los situados a menor elevación lo hacen a la izquierda. El resto de los inventarios situados a elevaciones medias se distribuyen al centro del eje 2. En tal sentido se deduce de forma más clara que el factor más importante para la distribución de la vegetación en la Sierra de Las Minas es la elevación.

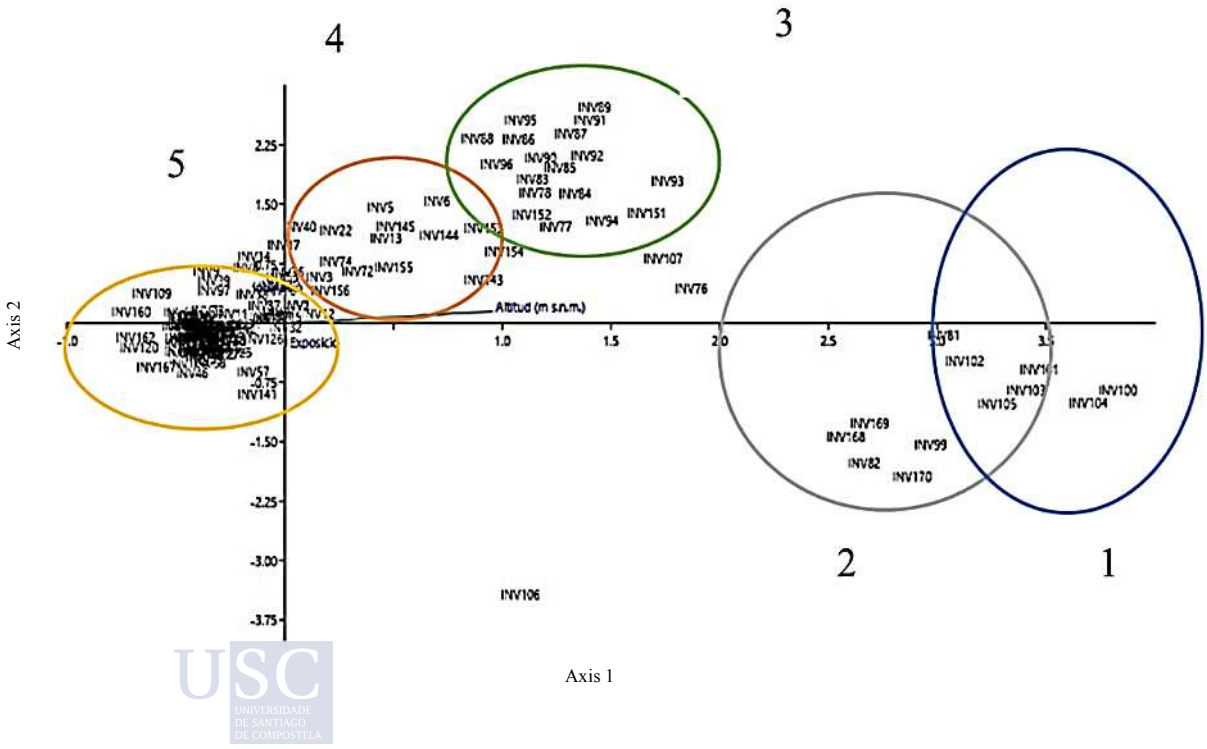
USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 19. Diagrama de Análisis de Correspondencia Canónica -CCA- con las variables ambientales: Altitud (m.s.n.m), pendiente y exposición.



Elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de Análisis de Correspondencia Canónica con las variables ambientales e inventarios. 1. *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii*, 2 *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae*, 3. *Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae*, 4. *Querco penducullariae - Pinetum oocarpae* y 5. *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae* y las asociaciones de los Bosques Caducifolios de Valle (*Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae*, *Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae*, *Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae*, *Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae* y *Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae*).



Elaboración propia.

5.2.2.Análisis de los Bosques Perennifolios de Montaña.

Los bosques perennifolios se encuentran a lo largo de las laderas medias y altas de la Sierra, donde la de precipitación y temperatura favorecen este carácter perennifolio dominante. Puntualmente algunas especies llegan a perder total o parcialmente las hojas; es el caso de *Liquidambar styraciflua* y de ciertos robles y encinos que lo hacen durante la época de reproducción (marzo a mayo).

Dentro de este grupo se han reconocido las siguientes asociaciones:

5.2.2.1.Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii. ass. nova prov.

Estructura y fisionomía

En sitios con pendientes suaves puede estar formada por macrobosques, en los cuales algunas especies presentan individuos con alturas que superan los 50 metros. En áreas con pendientes moderadas a fuertes las especies alcanzan portes más discretos, entre 25 y 45 m de altura. En el sotobosque se pueden encontrar varias especies musgos, helechos, selaginellas, asteráceas, ericáceas entre otros. También se observan varias especies de aráceas y clusiaceas que trepan por los árboles, así como lianas y gran variedad de epifitas. Algunas áreas fueron taladas en los años 90 por lo que existen claros en el bosque que favorecen la aparición de especies heliófitas.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Composición florística

Son bosques predominantemente de gimnospermas, siendo las especies características: *Pinus pseudostrobus*, que da origen al nombre de la asociación en conjunto con *Oreopanax steyemarkii, Abies guatemalensis, Pinus ayacahuite, Cupressus lusitanica, Olmediella betschleriana* y en menor grado *Taxus globosa*. Estas especies de coníferas se asocian con árboles como *Quercus aff. ocoteifolia, Oreopanax langlassei, Oreopanax aff capitatus* entre otras. Así también con arbustos: *Weinmannia pinnata, Cleyera theoides, Piper sp., Holodiscus argenteus, Morella cerífera* y *Rhamnus sp*. En el estrato del herbáceo destacan *Greigia steyermarkii, Hymenophyllum sp.; Maianthemum flexuosum, Monotropa uniflora; Nertera granadensis, Polypodium sp., Smilax longifolia, Sphagnum sp*.

Ecología

Se encuentra restringida a los terrenos ubicados entre los 2,500 3,000 m en torno al cerro Pinalón y probablemente en otras áreas cumbreñas. En algunos enclaves el bosque presenta una cobertura abierta o semiabierta, 70-85%, en donde es factible observar una elevada proporción de arbustos y herbáceas. Sin embargo, en áreas de ecotono con los bosques nubosos de la asociación *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae* las coberturas pueden ser cerradas y por lo tanto con menor proporción de especies arbustivas y herbáceas. Los materiales geológicos presentes son esquistos micáceos, gneis y granitos. La topografía varia de casi plana 4° a escarpes fuertes de 35°. Los suelos sobre gneis y esquistos tienden a ser fértiles y bien drenados, pero aquellos sobre granito presentan limitaciones agrológicas (Rosito Monzón, 1999). En el sistema de Holdridge se confiere la categoría: zona de vida de bosque pluvial montano tropical (IARNA-URL, 2018). De acuerdo con Faustino Miranda (Miranda & Hernández, 1963) esta asociación se conoce en México como bosque de abetos u oyameles. El sotobosque, sobre árboles y rocas se pueden encontrar muchas especies de Sellaginelas, musgos y hepáticas. Los árboles presentan comunidades enteras de epífitas de distintas familias, así como lianas. Con base en las observaciones de Rosito (*Op.cit*.), existen algunas diferencias de vegetación en distintos sitios del área de distribución de esta asociación, especialmente en donde se distribuye *Taxus globosa*. La variación se explica por la presencia de varios factores como cambios geológicos en donde se encuentran gneis, peridotas serpentinizadas y granitos, así como diferencias en la topografía del área. Esta asociación se ubica en el isobioclima Tropical Pluvial Supratropical Hiperhúmedo

Variabilidad

En general los inventarios promedian 26 especies la mayoría herbáceas y arbustivas. Los inventarios 3 y 4 prestan un mayor número de especies. Varias de esas especies no pudieron ser determinadas por no contar con los caracteres morfológicos adecuados para su identificación. Hay que destacar así mismo la presencia de asteráceas heliófilas en el inventario 3, probablemente favorecidas por una antigua tala, lo cual beneficia que el número de especies del inventario se encuentra por arriba de la media.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Observaciones

Esta comunidad se encuentra en pequeñas áreas como el cerro Pinalón y ha sido documentadas en otros cerros de la Sierra y del país como la Sierra de los Cuchumatanes o las cumbres de varios volcanes (Islebe *et al.*, 1995; INAB & CONAP, 2019).

Tabla 11. *Oreopano steyermarkii – Pinetum pseudostrobii* ass. nova prov.

Nº Orden	1	2	3	4	5	6
Altitud (dam)	283	287	285	282	283	282
Exposición	NE	NE	NE	S	SO	SO
Inclinación	4	25	15	10	5	20
Área (dam)	6	8	8	8	8	70
Cobertura arbórea %	70	70	40	80	75	75
Cobertura Arbustiva %	60	70	50	20	60	60
Cobertura herbácea %	70	80	50	30	40	40
Altura dosel	25	25	45	60	40	40
No. Especies	17	21	32	23	17	23
Características de la asociación						
Abies guatemalensis	3	3	3	1	2	2
Cupressus lusitanica	3	2	3	4	4	1
Oreopanax langlassei	2	2	3	2	2	2
Pinus pseudostrobus	4	4	4	4	2	2
Oreopanax steyermarkii			3	1	1	2
Pinus ayacahuite		3	3	2	2	
Taxus globosa	r	1	1	1		
Características de unidades superiores y transgresivas						
Senecio angulifolius	1	1	1		1	1
Nertera granadensis			1	2	2	2
Vaccinium leucanthum	2		1		3	1
Asplenium serratum				1	1	1
Fuchsia microphylla		2	1		1	
Maianthemum flexuosum		+	+		+	
Polipodium lepidotrichum				1	1	1
Rhamnus sp.	1	2	1			
Arachnothryx rufescen	2		1			
Arracacia aff donnell-smithii		+	+			
Clidemia sp.			3	2		
Hymenophyllum sp.			+			+
Clidemia tuerckheimii	2	1				
Phoebe Salvini			1			1
Quercus aff. Ocoteifolia		2		2		
Rubus sp		1				1
Smilax longifolia		2				3
Ternstroemia tepezapote	3	2				
Gaultheria odorata			2	2		
Weinmannia pinnata	2			1		

Además: *Bartlettina luxii 2 en 1; Bejaria aff. aestanus 4 en 1; Critoniodelphus sp. 1 en 1; Holodiscus argenteus r en 1; Maianthemum sp. + en 1; Spaghnum sp.3 en 1; Gaultheria erecta 4 en 2; Rumohra adiantiformis + en 2; Morella cerifera 1 en 2; Parathesis leptopa 1 en 2; Vaccinium poasanum 1 en 2; Chusquea longifolia 2 en 3; Niphidium crassifolium + en 3; Maclenia sp. 1 en 3; Mikania sp. 1 en 3; Monimia sp. 1 en 3; Oreopanax aff capitatus 2 en 3; Pleopeltis mexicana + en 3; Quercus sapotifolia 4 en 3; Saurauia sp. 2 en 3; Smilax sp.2 2 en 3; Solanum nudum 1 en 3; Fuchsia sp. 1 en 3; Parathesis aff. vulgata + en 3; Blechnum sp. 1 1 en 4; Blechnum sp. 2 1 en 4; Hoffmania sp. + en 4; Macleania aff. insignis + en 1 en 4; Piper sp2. + en 4; Smilax sp4. 2 en 4; Sticherus bifidus + en 4; Witheringia sp. +*

en 4.; Monotropa uniflora r en 5; Peperomia succulenta 1 en 5; Polypodium sp1. 1 en 5; Rumohra sp. 1 en 5; Salmea sp.1 en 5; Begonia sp. r en 6; Clusia aff. lusoria 1 en 6, Olmediella betschleriana r en 6; Drimys granadensis 1 en 6; Blechnum sp2. 1 en 6; Greigia steyermarkii + en 6; Elaphoglossum aff. latifolium 1 en 6; Miconia sp2.3 en 6; Olmediella betschleriana r en 6; Peperomia sp3. 1 en 6; Rhamnus sp. + en 6.

Localidades: 1. San Agustín Acasguastlán, 200 m al este de las antenas del Cerro Pinalón 15° 04.990´N, 89 56.805 W; 2. San Agustín Acasguastlán, Bosque de Coníferas Cerro Pinalón 15°04.952´N, 89°55.198´W, 3. San Agustín Acasguastlán, Bosque de Coníferas Cerro Pinalón, antes del cruce a las antenas, 15°04.952´N, 89°55.198´W, 4. San Agustín Acasguastlán, Bosque de Coníferas Cerro Pinalón. 1 km S.E. de Cuatro Caminos 15°04.833´N, 89°55.417´W, 5. San Agustín Acasguastlán, Bosque mixto entre parcela 1 y cuatro caminos 15°04.915 N, 89°55.593´W, 6. San Agustín Acasguastlán, Bosque mixto entre parcela 1 y Cuatro Caminos 15°04.915´N, 89°55.593´W. Elaboración propia.

5.2.2.2.Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae ass. nova prov.

Estructura y fisionomía

Son los bosques mejor conservados de la Sierra de las Minas y ubicados en su mayoría en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera, que es la de mayores restricciones y medidas de conservación (CONAP & FDN, 2015). Son macrobosques con árboles que pueden alcanzar más de 50 m, aunque generalmente son más pequeños. Se caracterizan por tener una cobertura cerrada, aunque eventualmente pueden existir claros, con abundancia de especies arbustivas y herbáceas. El suelo está cubierto por una capa de materia orgánica, que en algunos casos puede medir más de un metro de profundidad (Medinilla, 1999). Es frecuente encontrar lianas y epífitas de varias especies, géneros y familias. En algunos sitios como el Cerro Pinalón los árboles del género *Quercus* pueden sobrepasar los 35 m de altura y el su diámetro de copas de 30 m. Los diámetros de los fustes pueden ser mayores de 1.5 m. Al oeste la Sierra empieza un declive paulatino en elevación y es más estrecha que al este, así también la topografía es más abrupta y rocosa, lo que provoca que los árboles tengan dimensiones menores que en otros sitios. Las alturas promedian 20 a 30 m, aunque eventualmente en pequeños espacios se puedan encontrar árboles mucho más grandes, en estos casos los diámetros de copa como de fuste son menores.

Composición florística

Presenta una mayor proporción de angiospermas perennifolias como: *Quercus aff. ocoteifolia, Drimys granadensis; Cleyera theoides, Quercus sapotifolia, Magnolia guatemalensis*, diversas especies de las familias Lauraceae, Ericaceae, Poaceae y Asteraceae, entre otras. Destaca la presencia de *Podocarpus oleifolius* como elemento del bosque, especialmente hacia el este. Existen varias especies endémicas, así también *Taxus globosa* registrada a nivel regional y *Greigia steyermarkii* que se ha descrito en Guatemala, Chiapas y Honduras. Estos bosques en condiciones normales no presentan incendios forestales, sin embargo, en épocas de sequía prolongada han sido afectados por incendios subterráneos debido a su gruesa capa de materia orgánica. Los suelos en donde crecen estos bosques son pobres en nutrientes, aunque mejoran un poco en terrenos con pendientes suaves a moderadas (Medinilla, 1999; Rosito Monzón, 1999; Vargas Ponce, 1999).

Ecología

Se ubica entre 1,900 y 2,600 m de elevación, en las laderas altas y medias de la Sierra de las Minas. Definición de un bosque tropical nublado es una tarea complicada (Hamilton *et al.*, 1995), una definición tentativa puede ser la siguiente "*Un bosque nuboso es aquel que presenta una exposición frecuente y / o persistente a nubes a nivel del suelo*" (Bruijnzeel, *et al.*, 2011). Los bosques nublados, bosques de niebla, bosques mesófilos de montaña o zona de bosques son uno de los rasgos distintivos de la Sierra de las Minas. Stadtmüller (1987) como se cita en (Hamilton *et al.*1995), sugiere distinguir entre dos tipos de bosque nuboso: 1. áreas en donde la frecuencia de la cobertura de nubes se produce en combinación con lluvias orográficas persistentes con alta precipitación anual; estos bosques tienen estratos de dosel distintos, una riqueza en epífitas, y (a menudo) una gruesa capa de turba con un alto potencial de retención de agua y control de escorrentía. 2. áreas más secas con regímenes de lluvia más estacionales donde la precipitación horizontal puede representar un alto componente del total precipitación. Para la Sierra de las Minas el primer caso parece el más apropiado para describir la asociación *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae*. Los suelos en donde se presenta esta comunidad son incenptisoles y la geología local está compuesta por rocas metamórficas del Paleozoico. La topografía general es escarpada, aunque en algunas cimas puede ser moderadas. Este tipo de bosques se ubican en los isobioclias Tropical Pluvial Mesotropical y Supratropical Hiperhúmedo. Puede ser muy variado y ampliamente distribuido, por lo que este grupo requiere un mayor número de inventarios para poder definirlo adecuadamente. Sin embargo, los resultados de campo corroboran los hallazgos hechos por varios autores (Méndez *et al.*, 1993; Medinilla Sánchez, 1999; Rosito Monzón, 1999; Vargas Ponce, 1999), en donde existen diferencias entre el bosque nuboso ubicado al oeste de la Sierra y los que se ubican al este. Esta división se puede marcar tomando como referencia la cima del cerro Raxón, el cual es la cresta más alta de la Sierra de las Minas.

Variabilidad

Méndez *et al.* (1993) catalogaron a este grupo en dos comunidades: 1) Bosque nuboso Tipo A, con presencia de angiorpermas de la familia Lauraceae con géneros como *Persea* y *Phoebe*, así como *Quercus sp*. y 2) Bosque nuboso tipo B, con mayor presencia de *Podocarpus oleifolius* como especie dominante. Con base en el Sistema de Holdridge estos bosques se encuentran en zona de vida Bosque muy húmedo montano bajo tropical (IARNA-URL, 2018). Miranda (1963) catalogó a estos bosques como Selva mediana o baja perennifolia, mientras que Rzedowski (2006) los describe como bosques mesófilos de montaña. Esta asociación puede formar bosques de bajo porte o bosques enanos en áreas azotadas por los vientos, especialmente en los parteaguas. Solo se pudieron hacer dos inventarios (2 y 3, Tabla 12.) debido a lo difícil acceso. Las especies enanas son mucho más altas en lugares más favorecidos.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 12. ***Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae ass. nova prov.***

No. de Orden	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (dam)	190	242	241	90	182	220	223	225
Exposición	S	N	SO	SO	O	SE	S	SE
Inclinación	30	10	17	5	30	20	25	15
Área (dam2)	18	12	8	7	9	9	10	8
Cobertura arbórea %	80	10	80	70	70	80	85	85
Cobertura Arbustiva %	20	15	25	80	80	30	50	70
Cobertura herbácea %	15	95	20	70	40	80	50	40
Altura dosel	30	5	10	35	25	40	40	45
Nº especies	20	23	21	20	19	18	17	18
Características de la Comunidad								
Quercus aff. Ocoteifolia	3	3	7	3	2	4	5	5
Podocarpus oleifolius		3	3			3	3	3
Vaccinium poasanum		3	2			2	2	2
Alsophila salvini			4			3		4
Características de unidades superiores y transgresivas								
Cleyera theoides	1					1	2	2
Gaultheria erecta		2				2	2	2
Oreopanax aff capitatus		+				2	2	2
Magnolia guatemalensis		3	r				+	1
Cedrela tonduzii				2	1		r	
Ardisia revoluta			+				3	3
Clusia Salvini.			3				3	3
Drymis granadensis						2	2	2
Oreopanax steyermarkii						2	2	2
Asplenium sp.				+	r	1		
Capsicum lanceolatum			2	+		1		
Inga sp.	1			r	r			
Liquidambar styraciflua	3				3	r		
Morella cerifera	+	2	2					
Pinus maximinoii	4				3	1		
Weinmannia pinnata		1						1
Clidemia sp1.		r			+			
Hedyosmum mexicanum	2			2				
Maianthemum flexuosum		+	1					
Oplismenus sp.1		+			1			
Ostrya virginiana	3				4			

Además: *Archibaccharis salmeoides 2 en 1; Clidemia sp2. 1 en 1; Eugenia sp. + en 1; Leandra sp. 1 en 1; Miconia splendens 1 en 1; Montanoa sp. + en 1; Pinus pseudostrobus 5 en 1; Randia sp. + en 1; Rhus vestita + en 1; Roldana sp. 1 en 1; Saurauia oreophila 1 en 1; Smilax aristolochiifolia 1 en 1.; Arracacia aff donnell-smithii 1 en 2; Cladonia sp. + en 2; Greigia steyermarkii 2 en 2; Pinus aff. Hartwegii 4 en 2; Polypodium sp3. 2 en 2; Rhynchospora sp. 2 en 2; Senecio sp1. + en 2; Senecio sp2. r en 2; Smilax sp2. r en 2; Smilax spinosa r en 2; Ternstroemia tepezapote 1 en 2; Adiantum andicola 1 en 3; Alsophila salvinii 2 en 3; Anthurium subcordatum 1 en 3; Nertera granadensis 1 en 3; Parathesis leptopa + en 3; Parathesis leptopa 2 en 3; Selaginella sp1. r en 3; Selaginella stellata 1 en 3; Smilax moranensis r en 3; Alsophila salvinii 2 en 4; BlechnumLycianthes sp. sp. + en 4; Chamaedorea sp. 2 en 4; Clethra sp. 1 en 4; Costus sp. 1 en 4; Geonoma undata subsp. edulis 2 en 4; Hymenophyllum sp. 1 en 4; Lycianthes sp. 1 en 4; Marattia excavata 2 en 4; Miconia glaberrima + en 4; Smilax sp. + en 4; Tradescantia sp. + en 4; Trichilia hirta 3 en 4; Commelina erecta var. Angustifolia 2 en 5; Cornus disciflora 1 en 5;*

Cupressus lusitanica 3 en 5; Gymnosiphon suaveolens + en 5; Hydrocotile mexicana 1 en 5; Monotropa uniflora 1 en 5; Persea sp. 1 en 5; Samilax sp3. 1 en 5; Triumfetta dumetorum + en 5; Cyathea fulva 2 en 6; Ocotea acuminatissima 2 en 6, Quercus sapotifolia 3 en 6; Turpinia insignis + en 6; Witheringia solanacea r en 6; Fuchsia encliandra 2 en 7; Matayba oppositifolia 2 en 7; Pinus ayacahuite 3 en 7; Scutellaria aff. inflata + en 7; Spigelia carnosa 1 en 7; Alfaroa guatemalensis 3 en 8; Cheilanthes marginata 2 en 8; Lopezia racemosa + en 8; Phyllonoma cacuminis 4 en 8; Prosthechea sp. + en 8.

Localidades: 1. San Agustín Acasaguastlán, Finca la Tormenta 15°04.040´N 89°56.763'W, 2. Río Hondo, Bosque Enano, Parteaguas Sierra de las Minas. Arriba del Volcán Los Monos, San Lorenzo Mármol. 15° 08.343'N, 89°41.787' W, 3. Río Hondo, 70 metros abajo del Bosque enano. Parteaguas Sierra de las Minas. Arriba del Volcán Los Monos, San Lorenzo Mármol, 15°08.308'N, 89°41.802'W, 4. San Agustín Acasaguastlán, 1 km al SO de las cabañas de Defensores de la Naturaleza. Camino a Peña del Ángel 15°04.990´N 89°56.805´W. 5. San Cristóbal Acasaguastlán El Naranjo, 8 km al norte de la finca San José El Olvido Bosque Usumatlán Zacapa. 15° 2'56.55"N 89°52'55.04"W, 6. San Cristóbal Acasaguastlán, Bosque de Pino Encino 8 km al norte de la finca San José El Olvido Bosque 15°03.383´N, 89°53.065´W, 7. Río Hondo, Cerro los Monos al este 15°6.821'N 89°40.654´W, 8. Río Hondo, Volcán los Monos camino a bosque enano 15°6.951'N 89°40.683 W, 9. Río Hondo, Volcán los Monos, cerca de parteaguas 15°6.847'N 89°40.843 W. Elaboración propia.

5.2.2.3.Querco sapotifoliae - Pinetum maximinoi ass. nova prov.

Estructura y fisionomía

Son macrobosques con una cobertura de abierta a poco abierta, que varía de 25 hasta el 80% en el estrato arbóreo. Los árboles puede llegar hasta 40 m, aunque el promedio se encuentra en torno a 30 m. En el pasado ha sufrido de tala selectiva, especialmente de especies de pino, situación que repercute directamente en su composición y estructura. El estrato arbustivo es variable en cobertura desde 25 a 80% y el herbáceo entre 20 y 90%. También existen lianas, helechos y otras especies como parte del estrato epífito, pero en menor proporción que en la asociación *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*.

Composición florística

Las especies predominantes pertenecen a los géneros *Quercus* y *Pinus* como *Q. sapotifolia, Q. peduncularis, P. maximinoi* y *P. tecunumanii;* además son frecuentes epifitas y especies de sotobosque como Rubus miser, Morella cerífera, *Calliandra houstoniana, Lantana camara, Mimosa albida*, entre otras. Eventualmente se pueden encontrar especies la asociación *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae ass. nova prov.*, especialmente en sitios en donde la especie es favorecida por una mayor humedad como en barrancas y quebradas. En esta asociación se encuentra la *especie Acer sacharum subsp. skutchii*, que es un arce endémico de México y Guatemala.

Ecología

Se encuentra a elevaciones medias de la Sierra, entre 900 a 1,800 m sobre pendientes pronunciadas y suelos pobres, normalmente entisoles formados en una geología variada compuesta por rocas ígneas y metamórficas de Paleozoico y del Terciario. Los incendios forestales son frecuentes debido a la baja descomposición de materia orgánica que provoca acumulación de combustible. En estos sitios la regeneración natural se ve afectada por la presencia de *Pteridium aquilinum* que evita el desarrollo de la vegetación leñosa y otras especies. Son bosques mixtos (pinos y encinos principalmente) que tienen contacto con los ubicados a mayor altitud y en algunas áreas puede presentarse como un

bosque nuboso del tipo 2 indicado por Stadtmüller (op.cit), puesto que se ubican en áreas más secas y con marcada pluviestacionalidad. Se encuentra en sitios con pendientes de 30 ° o mayores. En sistema de Holdridge se le delimita como una zona de vida: Bosque muy húmedo premontano tropical (IARNA-URL, 2018), para Miranda y Hernández (Miranda & Hernández, 1963) forma parte de los encinares y pinares y para Rzedowski incluye en un gran grupo denominados Bosques de Quercus (Rzedowski, 2006). Los isobiclimas en dónde se ubica esta asociación son Tropical Pluviestacional Mesotropical y Termotropical superior, Húmedo.

Variabilidad

El número de especies en los inventarios difieren especialmente debido a que esta asociación puede presentar especies de la *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae* los inventarios 1 al 3 se encuentran en las zonas que se pueden considerar parte del ecotono.

Observaciones

Las talas efectuadas en los años 80´s del pasado siglo afectaron a las especies comercialmente más valiosas de esta asociación, en particular los individuos más grandes de distintas especies de pino utilizados por la industria maderera. Paralelamente durante las siguiente décadas se incentivaron y promovieron reforestaciones de pino y otras especies como ciprés (*Cupressus lusitanica*), provocando cambios en el patrón natural de distribución de diversas especies.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 13. ***Querco sapotifoliae - Pinetum maximinoi ass. nova prov.***

No. de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Altitud (dam)	128	171	168	180	177	163	159	159	161	173	173	143	121
Exposición	S	SO	SE	SE	SE	NO	SE	N	N	N	N	NE	NE
Inclinación (º)	15	20	30	30	30	35	35	30	35	35	35	35	35
Área (dam2)	8	8	8	9	14	12	9	8	12	12	9	10	10
Cobertura arbórea %	25	60	60	75	80	70	50	65	65	65	65	75	70
Cobertura Arbustiva %	80	50	40	50	40	25	50	75	20	25	25	25	75
Cobertura herbácea %	25	80	80	50	90	60	90	70	75	70	70	70	20
Altura dosel	25	20	25	25	30	35	25	35	25	30	20	40	25
Nº especies	32	24	23	16	13	21	17	15	19	17	15	17	12
Características de la asociación													
Quercus sapotifolia	2	3	2	2	4	3	2	+	1	1	2	3	3
Pinus oocarpa		2	3	5	4	2		2	4	1	2		5
Quercus peduncularis	4	2	2	2		2			1		1	1	1
Pinus maximinoi	2				+	1	3	2	1	4		4	+
Características de unidades superiores y transgresivas													
Pteridium aquilinum		3	3	2	3	3	1	2	3	3	2	3	
Calliandra houstoniana	2	2	2	+	1	3	1	1	+	1			
Ageratina sp1.		r	+	2	+	2	+	+	1		1		
Mimosa albida		1	+	+	1	1	2	1			1		
Arctostaphylos oaxacana	+	1	+						+	1	+	+	
Salvia sp.		+	r		+				1	+	+		+
Agarista mexicana			r	1	1				1	2	2		
Gnaphalim roseum		1	+	1				+	+				2
Morella cerifera		1		1				1	1	1	2		
Oplismenus		1	r			+	1				1	1	
Triumfetta speciosa		+	+	+	r	r				+			
Roldana petasioides	1	2	+	+		+							
Rubus miser			+			+	+		+	+			
Ageratum conizoides		2								+	+	+	
Elaphoglossum aff. revolutum			2			+			+				+
Liabum sp							+	+	+	2			
Melinis minutiflora							3	4	4	+			
Vigna aff. luteola			r		+		+	+					
Hyparrenia rufa										+	4		2
Lasciasis sp.									1		1		+
Pinus tecunumanii						3	2	3					
Rhus terebinthifolia		1	1									1	
Senecio sp.					+	+	2						
Smilax officinalis		+				+						+	
Carex sp.		r						+					
Centrosema pubescens	1											+	
Chaptalia nutans			+							+			
Desmodium sp.	+										+		
Eupathorium sp.	2					1							

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

| | | |

Ostria virginiana, entre otras. En sitios con afloramientos de mármol se pueden encontrar Q. *purulhana, Q. peduncularis, Brahea salvadorensis, Rhus vestita, Rhus terebinthifolia*, *Agave pachicentra* y varias especies rupícolas, como *Prosthechea cochleata* y *Anthorium scandens.*

Ecología

La cercanía a núcleos de población humana afectan a estos ecosistemas especialmente por la extracción de madera y leña. Los incendios son un factor condicionante importante y debe considerarse en la dinámica ecológica de esta comunidad. Los incendios generalmente son provocados para la crianza de ganado o por descuido durante las actividades de quemas agrícolas. Estos fenómenos reducen la presencia de herbáceas y arbustos nemorales, al mismo tiempo que favorecen la regeneración natural de los pinos y encinos, así como de especies pirófitas como los pastos *Hyparrenia rufa* y *Melinis minutiflora,* entre otras. La asociación se localiza entre los 800 m a 1,800 m de altitud en la cuenca del río Morazán al oeste y entre 450 a 1,700 m en la cuenca del río Hondo al este. Los suelos en los que se desarrolla son entisoles jóvenes y de poca fertilidad y a veces muy rocosos o arenosos. En los sitios con afloramientos de mármol se pueden encontrar especies rupícolas y predominio de especies con *Quercus purulhana*. En sistema de Holdridge se ubica en dos zonas de vida Bosque seco premontano tropical para las áreas bajas y el ecotono con el bosque seco caducifolio y Bosque húmedo premontano tropical en zonas más altas o húmedas (IARNA-URL, 2018), para Miranda y Hernández (Miranda & Hernández, 1963) forma parte de los encinares y pinares y para Rzedowski incluye en un gran grupo denominados Bosques de Quercus. Los isobioclimas donde se presenta la asociación son el Tropical Pluviestacional Termotropical Subhúmedo superior y el Tropical Pluviestacional Mesotropical Inferior, Húmedo Inferior.

Variabilidad

Artactophylos oxacana, Brahea salvadoresis y Rhus vestita son más frecuentes en sitios en donde existe contactos litológicos entre los esquistos micáceos y afloramientos de mármol. Especies como *Pinus maximinoi* tienen mayor presencia en el ecotono como el bosque nuboso y en áreas de vaguadas. El efecto combinado de incendios, tala y pastoreo paree favorecer a ciertos árboles como *Lysiloma acapulcensis* y *Acacia pennatula* y a gramíneas como *Hyparrenia rufa* y *Melinis minutiflora.*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 14. Querco penducularis - Pinetum oocarpae. ass. nova prov.

No. Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Altitud (dam)	75	79	167	171	68	79	51	153	145	135	150
Exposición	O	O	E	O	O	O	NO	NO	E	SO	SO
Inclinación	35	35	20	20	35°	37	27	21	29	27	17
Área (dam)	5	5	12	10	50	5	6	6	6	6	5
Cobertura arbórea %	25	35	65	75	25	35	80	75	90	75	50
Cobertura Arbustiva %	10	10	25	25	10	10	20	60	20	20	40
Cobertura herbácea %	90	80	20	70	90	90	90	80	80	35	40
Altura dosel	12	15	10	40	12	15	8	18	18	20	15
No. Especies	15	11	14	29	13	8	10	16	22	18	12
Características de la asociación											
Pinus oocarpa	2	2	1	2	2	2	2	2	1	4	3
Quercus peduncularis			3	4	3		5	5			2
Quercus aff segoviensis						1			5	3	
Quercus purulhana						2			3	3	
Arctostaphylos oaxacana			1	1					2	2	
Rhus terebinthifolia			1	+				3	+		
Rhus vestita			1	1	1			2	r		
Características de unidades superiores y transgresivas											
Mimosa albida	1	2	+	+			3		3	1	
Dalea serícea	1	3	+	+						1	
Ageratium conizoides	1	3	+	+							
Carex polystachya			+	+						2	1
Mikania micrantha			1	1				3	5		
Oplismenus sp1.	1	3							1	2	
Centrosema pubescens					1		4	3	3		
Hyparrenia rufa	5				5	5					1
Brahea salvadorensis			1	1				2			
Passiflora sexflora			+	+					1		
Tillandsia makoyana	+			+			+				
Tillandsia seleriana		+		+					+		
Triumfetta speciosa	1							2	2		
Acacia riparia	1	1			1						
Bidens pilosa	1				1			4			
Anthurium scandens			+	+							
Calea ternifolia								4	1		
Calliandra houstoniana								4		2	
Centrosema plumieri										1	1
Crotalaria pumila							1			1	
Dichanthelium laxiflorum	5									2	
Crotalaria pumila	1					1					
Fimbristylis sp.										1	2
Micropleura renifolia								2	2		
Pinus maximinoii								2	3		
Polygala costaricensis	1								1		
Prosthechea cochleata	1			+							
Pteridium aquilinum									3	2	
Quercus sapotifolia		1				1					
Roldana petasiodes								5	5		
Salvia cacaliifolia		1		2							
Salvia verbenaca								3	3		
Stevia ovata							5			1	
Tillaea connata		+		+							
Lysiloma acapulcense					1	1					
Melinis repens					1						2

***Además**: Briza minor 2 en 1; Paspalum lentiginosum 3 en 2; Juniperus comitana 1 en 3; Agave pachycentra 2 en 4; Desmodium orbiculare + en 4; Encyclia hanburyi + en 4; Hechtia dichroantha 4 en 4; Lycianthes ocellata + en 4; Mammillaria columbiana subsp. yucatanensis 1 en 4; Maxillariella variabilis + en 4; Peperomia sp2. + en 4; Phaseolus*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

leptostachyus + en 4; Peperomia tetraphylla + en 4; Tillandsia sp. + en 4; Asplenium serratum 1 en 5; Blechnum sp2. 1 en 5; Lysiloma acapulcense 1 en 5; Phyllodendron sp. r en 5; Zornia sp. 1 en 6; Cochlospermum vitifolium 2 en 7; Senna septemtrionalis 2 en 7; Lygodium venustum 2 en 7; Aldama dentata 2 en 8; Chiococca alba + en 8; Ternstroemia tepezapote 1 en 8; Adiantum andicola 2 en 9; Chamaedorea costaricana 2 en 9; Heterocentron subtriplinervium 2 en 9; Polypodium sp. 2 en 9; Smilax moranensis 1 en 9; Morella cerifera 1 en 10; Salvia urica 3 en 10; Sonchus sp. + en 10; Byrsonima cinerea 3 en 11; Cecropia pachystachya 2 en 11; Melinis repens 2 en 11; Rhynchospora nervosa 1 en 11; Trifolium repens 1 en 11.

***Localidades*:** 1. Río Hondo, Hidroeléctrica, 15°04.407'N 89°37.035´W; 2. Río Hondo, Hidroeléctrica, 15°4.167'N 89°36.617'W.; 3. Río Hondo, San Lorenzo Mármol, Cruce a quebrada Agua Fría 15°05.418´N, 89° 39.432´W; 4. Río Hondo, El botadero, Camino a San Lorenzo, 15°04.668´N, 89°41.014´W; 5. Río Hondo, Hidroeléctrica, 15°04.407'N 89°37.035'W, 6. Río Hondo, Hidroeléctrica, 15°04.410'N 89°36.035'W, 7. Rio Hondo, Hidroeléctrica, 15°4.378'N, 89°37.048'W, 8. Río Hondo, Hidroeléctrica 15°4.117'N 89°36.933'W; 9. Río Hondo, Camino a San Lorenzo, El Mosquito y Los Huesos, 15°04.133'N, 89°41.200'W; 10. Río Hondo, Camino a San Lorenzo, cerca del Mosquito 15°04.133´N, 89°41.215´W; 11. Río Hondo, Camino a San Lorenzo, Parte baja del Bosque de Pino Encino 15°03.345´N, 89°40.585´W. Elaboración propia.

5.2.2.5.Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae ass. nova prov.

Estructura y fisionomía

Se caracteriza por ser sabanas, microbosques o fruiticedas, con árboles y arbustos bajos menores a 6 metros, con promedio de 4 m. Con escasa presencia de epífitas y ninguna liana, excepto especies trepadoras como *Semialiarium mexicanum*. Las coberturas del estrato arbóreo son abiertas, muy abiertas y extremadamente abiertas con promedio se ubican entre 25 y 30 %. Las áreas tienen pendientes entre 20 y 30°, el suelo es poco profundo, muy rocoso y los incendios son recurrentes, especialmente debido al manejo pecuario de los pastizales. En la Tabla 15, se aprecia el modelo general de la distribución de especies en este tipo de asociación.

Composición florística

Las especies características son *Curatella americana, Byrsonima cinerea, Acacia pennatula, Lysiloma acapulcense, Pinus oocarpa*, *Pinus caribea var. hondurensis, Ximenia americana, Ceiba aesculifolia, Bursera simarouba* entre otras. Los pastizales formados por varias especies del Cyperaceas y Poaceas, destacando *Hyparrhenia rufa*. Es una comunidad pobre comparada con otras presentadas en este estudio.

Ecología

En la cuenca del río Morazán se le ubica a una cota cercana a 800 m, mientras que en río Hondo puede estar a 450 m. En el municipio de Gualán, Zacapa que es el sitio más al este en donde se pudo muestrear se le encuentra 131 m. Esta asociación se ubica en el ecotono entre los bosques perennifolios y los bosques caducifolios del valle y planicies. Ocupa una estrecha faja que observa de oeste hacia el este de la cara sur de la Sierra de las Minas. La topografía es moderada y los suelos son entisoles muy pobres con rocas expuestas, muchas veces metamórficas como el mármol y sedimentarias como la caliza.

USC UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

El ecotono con el bosque caducifolio se ha descrito para México como una asociación sabanoide de *Curatella americana* y *Byrsonima (crassifolia) cinerea*. (Rzedowski, 2006), también dentro de la categoría de Sabanas y con mayor precisión como Sabana con nache (Miranda & Hernández, 1963). En Guatemala se ha descrito la relación de *B. cinerea* con *C. americana*, especialmente en la vertiente del océano Pacífico hasta Panamá (Standley

& Stermark, 1946 b). La asociación se distribuye en el isobioclima Tropical Pluviestacional Termotropical Subhúmedo

Variabilidad

Los análisis clúster efectuados sitúan esta asociación tanto en los bosques secos caducifolios como en los mixtos bajos. Es una estrecha faja con ancho variable y más de 100 kilómetros de largo. Inicia en Morazán, departamento de El Progreso y culmina en municipio de Los Amates en Izabal. Por ser un ecotono se pueden observar especies como *Pinus oocarpa y Quercus spp*, mientras que en la cota más baja se puede observar especies del bosque seco caducifolio. En el municipio de Gualán *Pinus oocapa* comparte hábitat con *Pinus caribea var. hondurensis*; observaciones de campo indican que hacia el este dicho pino sustituye a *P. oocarpa* por completo. De acuerdo con lo anterior esto por lo menos se pueden formar dos subasociaciones una con *Pinus oocarpa y* otra con *Pinus caribea.* Los inventarios 1 al 4 representan esta variante con *P. caribea*

Observaciones

La mayor parte de los incendios forestales de la Sierra de las Minas ocurre en territorios dominados por esta asociación y están vinculados a prácticas pecuarias poco sostenibles (Sosa Madrid, 2018). Aunque *Byrsonima cinerea* tiene un rango de distribución más amplio, es muy frecuente en estos ambientes. *Curatella americana* por el contrario en el ámbito de Sierra de las Minas se le ve exclusivamente en este ecotono y no se le observó en pinares o en el bosque seco caducifolio. Otras especies que son muy frecuentes son *Lysiloma acapulcensis* y *Acacia pennatula*, aunque ambas también se les puede observar en sitios perturbados y abiertos en los bosques mixtos bajos. En lugares con roquedos y áreas alejadas de incendios es factible ver especies como *Ceiba aesculifolia, Spondias purpurea* y otras especies del bosque caducifolio.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 15. ***Curatello americanae – Byrsonimetum crassifoliae ass.nova prov.***

No. de orden	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (dam)	13	19	35	29	83	77	57	85
Exposición	E	E	S	SE	SO	S	N	S
Inclinación (º)	15	15	25	25	20	20	2	25
Área (dam2)	5	5	5	5	5	10	4	5
Cobertura arbórea %	35	40	30	30	35	50	50	70
Cobertura Arbustiva %	50	60	30	50	25	10	20	20
Cobertura herbácea %	90	80	90	90	90	90	90	80
Altura dosel	15	15	12	12	12	12	5	8
Nº de especies	6	5	6	5	16	10	7	8
Características de la asociación								
Curatella americana	3	3	4	3	3	3	2	
Byrsonima cinerea	2	2	2	1	3	1	2	2
Lysiloma acapulcense					1	3	1	3
Pinus oocarpa			3		2			4
Transgresivas y compañeras								
Hyparrenia rufa	5	5	5	5	5	5	5	5
Pinus caribaea var. hondurensis	3	3		3				
Acacia pennatula					1	2		2
Cochlospermum vitifolium			1		r			
Psychotria sp1.	2	2						
Melinis minutiflora						3		1
Ruellia inundata						1		1

Además: *Quercus sp2. 2 en 1; Psidium guajava 1 en 3; Ficus sp. + en 4; Alvaradoa amorphoides 1 en 5; Bursera simarouba 1 en 5; Calliandra houstoniana 1 en 5; Cecropia pachystachya + en 5; Haematoxylum brasiletto 1 en 5; Luehea sp. 2 en 5; Mimosa albida 1 en 5; Plumeria rubra+ en 5; Prockia crucis + en 5; Simarouba amara r en 5; Trema micrantha 1 en 5; Galactia striata r en 6; Russelia chiapensis + en 6; Tephrosia aff multifolia + en 6; Karwinskia calderonii 2 en 7; Semialiarium mexicanum 1 en 7; Ximenia americana 2 en 7; Ageratina altissima 2 en 8.*

Localidades: 1 Gualán, Zacapa, Aldea El Lobo, 15°10.933'N 89°18.250'W; 2. Gualán, Zacapa, Aldea El Lobo, Gualán, Zacapa 15°11.00'N 89°18.533'W; 3. Aldea El Lobo, Gualán, Zacapa 15°11.250'N 89°18.550'W; 4. Aldea El Lobo, Gualán, Zacapa 15°11.250'N 89°18.550'W; 5 El Progreso, Carretera a Cobán (CA14), km. 1105. 14 50.383 N, 90 08.367 W; 6. Parque Regional Municipal El Castillo, Áreas Privadas, Río Hondo, Zacapa 15° 03.333 N, 89 37.679 W; 7. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14°59.722 N, 89 46.868 W; 8 Camino a San Lorenzo, arriba de Churrupaco 15° 03.005 N, 89°40.420W. Elaboración propia.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.2.3.Análisis para los Bosques Caducifolios de Valle y Planicie

Son los bosques que ocupan las cotas más bajas en el valle del Motagua, se ubican en planicies, cerros bajos o en escarpes con topografías moderada 10 -25° o abrupta 35-40°, sobre suelos de distinto grado de desarrollo especialmente en vertisoles (MAGA, 2000). Los materiales geológicos son variados y predominan las rocas metamórficas y sedimentarias como: gneis de cuarzo feldespatos-mica con granates y cianitas, migmáticas, cuarcitas, anfiboles, mármoles, calcosilicatos, eclogitas máficas, filitas, jadeítas, peridotas parcial serpentinizadas y basaltos (Bundschuh & Alvarado, 2007).

En el análisis clúster efectuado en PAST (Figura 17), agrupa los inventarios de los Bosques Caducifolios del Valle y Planicies en dos grupos.

5.2.3.1.Asociación Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. typicum ass. nova

Estructura y fisionomía

Son microbosques que promedian una altura de dosel de 7 m, cerrados o poco abiertos, con coberturas que oscilan entre 80 y 90%. Con estrato arbustivo de 3 m o menos, acompañado de un estrato arborescente de 5 m. A nivel del suelo se presenta un estrato herbáceo en ciertas partes se encuentra completamente cubierto por hierbas escaposas como *Hechtia guatemalensis* y varias especies de Agaves, así también existen enredaderas como *Cardiospermum halicacabum* dispersas sobre el dosel del bosque y varias especies epifitas como orquídeas, cactáceas, asparagaceas y bromeliáceas, entre otras. Durante los meses de noviembre a principios de mayo que es la época con déficit hídrico estos bosques defolian completamente. Durante todo el año es posible observar florecimiento y fructificación. Especies como *B. simaruba* florece durante la época más seca que es abril, mientras que *Senna skinneri* lo hace al finalizar la época de lluvias. La mayoría de las especies florecen durante la época de lluvias.

Composición florística

Presenta varias especies arbóreas como *Bucida macrostachya, Cardiospermum halicacabum, Bonellia macrocarpa, Leucaena diversifolia, Leucaena leucocephala, Guaiacum sanctum, Bursera simaruba, Lysiloma acapulcense* y *Caesalpinia velutina*. Así también arbustos de especies cactáceas como *Nopalea guatemalensis, Pilosocereus leucocephalus y Peniocereus hirschtiaus, acompañadas por Guettarda deamii, Tonduzia stenophylla, Plumeria rubra, Bursera schlechtendalii* y *Haematoxylum brasiletto*. Hierbas como *Lippia graveolens, Oeceoclades maculata, Oplismenus sp, Peniocereus hirschtianus, Haplophyton cimicidum, Ruellia inundata, Simsia sp. Hechtia guatemalensis* y otras.

Ecología

Derivado del abandono de la agricultura y la ganadería el bosque está llegando a una etapa óptima, en donde *Bucida macrostachya* es la especie más representativa. En estos sitios los bosques de *Bucida* se extienden por varios kilómetros. Su límite superior lo fijan las asociaciones de *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae*, mientras que en el inferior está marcado por áreas de agricultura o infraestructuras viales. Al oeste en el área

de las subcuencas de los ríos Lato y Morazán delimitan su área de distribución, en donde se restringe a zonas por arriba de 300 m de elevación. Al este es la subcuenca del río Hondo es donde desaparecen estos bosque. El área conocida como El Copinol, es el último lugar en donde se pueden ver árboles de *B. macrostachya*. Se observaron especies nemorales del bosque como *Euphorbia tithymaloides, Haplophyton cimicidum, Hechtia guatemalensis, Ruellia inundata*. Durante los recorridos de campo se observó que existe extracción de leña de varias especies como *Leucaena diversifolia*, *Bucida macrostachya* y otras de importancia energética, situación de transforma la composición florística, la dinámica del bosque y su estructura. En áreas como el Parque Regional Municipal El Castillo estos bosques tiene cerca de 40 años de recuperación. Se desarrolla sobre entisoles y que se originaron sobre materiales rocosos principalmente sedimentarios como calizas y metamórficos en donde se encuentran mármoles, gneis y otros. También existen áreas con abundantes afloramientos de cuarzo. Presenta rocas sueltas en laderas empinadas con pendientes que van de 15° a 40° y en donde es difícil caminar por las pendientes. Se ubican sobre laderas y cimas de cerros bajos con elevaciones que oscilan entre 320 y 460 m. Durante la temporada de secas las cactáceas y especies perennifolias son más evidentes en esta época. Faustino Miranda (1963), cataloga a este tipo de asociaciones como Selva baja caducifolia. Rzedowski (2006) les llamó Bosque Tropical Caducifolio. Ocupa la zona de vida Bosque seco tropical con base en el sistema de Holdridge (IARNA-URL, 2018). La asociación se distribuye en los isobioclimas Tropical Xérico Infratropical Superior y Termotropical Inferior Seco Superior.

Variabilidad

Presenta las variante *Cardiospermo - Bucidetum macrostachyae var. Leucaena trichandra* (Tabla 17). Así también *Cardiospermo - Bucidetum macrostachyae var. Bonellia macrocarpa* (Tabla 18). En ambos casos las condiciones físicas son similares a la de la asociación principal. Los cambios observados pueden deberse a diferentes etapas sucesionales influidos por el historial de manejo forestal y uso agropecuario de la zona.

Observaciones

La especie *Bucida macrostachya,* es la especie arbórea más importante de esta comunidad. La distribución de la especie se encuentra concentrada en municipios como río Hondo, Usumatlán y Teculután, Cabañas. En otros municipios como San Agustín Acasaguastlán y San Cristóbal Acasaguastlán es poco frecuente. Son asociaciones claramente diferenciadas y muy evidente su delimitación espacial.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 16. ***Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. typicum ass. nova prov.***

No. Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altitud (m s.n.m.)	33	40	34	34	45	29	31	38	39	37	50	42
Exposición	N	SO	NO	SE	SE	O	S	N	S	SO	E	SE
Inclinación (grados)	30	30	21	20	25	20	10	15	20	5	35	20
Área (dam)	7	5	5	10	50	60	60	10	12	9	6	5
Cobertura arbórea %	50	60	80	90	80	80	80	60	70	75	80	80
Cobertura Arbustiva %	60	35	40	70	20	50	30	60	60	40	50	20
Cobertura herbácea %	40	70	40	50	80	25	50	30	60	70	60	20
Altura dosel	8	9	12	20	15	8	8	10	9	8	8	18
No. Especies	10	13	19	10	5	13	10	13	15	12	12	7
Características de la asociación												
Bucida macrostachya	4	3	3	5	5	5	2	3	4	4	5	5
Guettarda deamii	2						2	3		3	1	
Cardiospermum halicacabum		+	1		2	2			2	2		
Leucaena trichandra				3					2			
Características de unidades superiores y transgresivas												
Leucaena diversifolia	3	3	3	2		3	2	2				
Bonellia macrocarpa		1	+			3	1	2	1	1		1
Bursera simaruba			+	2				2	1	3	2	2
Pilosocereus leucocephalus			1		1	3			2	1	2	
Plumeria rubra	+	+	1	1			1			1	2	
Guaiacum sanctum		3	1			1	2	1	1			
Tonduzia stenophylla		+	+									
Hintonia latiflora		+	+	1			1	1	1			
Nopalea guatemalensis			+		1	2		1	1			2
Hechtia guatemalensis	3			3							4	
Bursera schlechtendalii		+	1						1			
Caesalpinia velutina			1			1			1			
Haplophyton cimicidum			+	1		1						
Haematoxylum brasiletto			+								2	
Lysiloma acapulcense		1	1									
Mimosa platycarpa			+			3						
Cnidoscolus aconitifolius								+		2		
Peniocereus hirschtiaus									1	1		
Apoplanesia paniculata				2					3			
Gliricidia sepium	+										2	
Simarouba amara											2	2
Pachyrhizus erosus	1									r		
Blechum pyramidatum								2			1	
Senna candolleana				2		2						
Hyparrenia rufa									3	4		

Además: *Cardiospermum sp1. 2 en 1; Euphorbia tithymaloides + en 1; Gyrocarpus americanus + en 1; Bursera excelsa + en 2; Cascabela ovata + en 2; Ximenia americana + en 2; Ceiba aesculifolia + en 3; Codiaeum sp.2 en 3; Matelea sp. r en 4; Myrtillocactus eichlamii 1 en 5; Bursera permollis 2 en 6; Erythroxylum rotundifolium 2 en 6; Agave aff. minarum 2 en 7; Euphorbia leucocephala 1 en 7; Sideroxylon celastrinum 1 en 7; Bromelia pinguin 1 en 8; Ruellia inundata 1 en 8; Cnidoscolus tubulosus + en 9; Euphorbia aff. ephedromorpha 1 en 9; Bursera excelsa 1 en 10; Cochlospermum vitifolium 2 en 11; Paspalum sp. 2 en 11; Chloroleucon mangense 1 en 12; Plocosperma buxifolium 1 en 12.*

Localidades: 1 Parque Municipal El Castillo, Rio Hondo Zacapa. 15°01.983 N, 89°35.367W; 2. Parque Municipal El Castillo, Río Hondo Zacapa. 15°01.942 N, 89°35.388W; 3. Parque Municipal El Castillo, Río Hondo Zacapa. 15°01.940´N, 89°35.333´W; 4. Parque Regional Municipal El Castillo, Loma Rajada, Río

Hondo, Zacapa,5. Parque Regional Municipal El Castillo, Áreas Privadas, Final Bosque seco (antes de ecotono), Río Hondo, Zacapa 15°02.997´N, 89°37.0´W;6. Carlos Cordón. Suroeste del Parque Regional Municipal El Castillo, Río Hondo, Zacapa 15°02.563 ´N, 89°37.138´W; 7. Terreno Carlos Cordón. Suroeste del Parque Regional Municipal El Castillo, Río Hondo, Zacapa 15°02.563´N, 89°37.138´W; 8. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva 14°59.713´N, 89°45.482´W; 9. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva 14°59.697´N, 89°45.582´W 10. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva 14°59.672´N, 89°45.540´W 11. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14°59.683´N, 89°46.667´W;12. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14°56.933´N, 89°46.300´W. Elaboración propia.

Tabla 17. *Cardiospermo - Bucidetum macrostachyae var. Leucaena trichandra ass. nova prov.*

Nº Orden	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (dam)	45	32	41	43	34	31	42	41
Exposición	O	O	N	S	S	S	NO	SO
Inclinación (°)	40	30	30	35	20	30	15	25
Área (dam2)	5	6	7	5	6	6	9	9
Cobertura arbórea %	80	90	80	90	70	50	60	80
Cobertura arbustiva %	25	25	60	50	40	60	80	50
Cobertura herbácea %	20	15	50	70	30	70	80	80
Altura dosel	8	13	12	10	7	7	5	7
Nº Especies	19	19	13	15	22	13	10	11
Características de la asociación								
Bucida macrostachya	4	4	3	5	3	4	4	4
Leucaena diversifolia	2	3	1	1	1	3		
Cardiospermum halicacabum	3		1	2	2	2		2
Leucaena trichandra	3	2	4	2	1			2
Características de unidades superiores y transgresivas								
Guaiacum sanctum	1	1			2	2	2	2
Guettarda deamii		3	2	3	3	1		
Plumeria rubra	3	2	2	2		2		
Bursera excelsa	2	2		2	2			2
Senna skinneri	2				1	1	4	2
Bonellia macrocarpa	1	+			1		2	
Tonduzia stenophylla	2	2	2	3	4			
Bursera simaruba	1	2			2		2	
Bursera schlechtendalii				2	1	2	2	
Mimosa zacapana	2				3	1	4	
Cascabela ovata	2		1					1
Plocosperma buxifolium		1			1		2	
Agave aff. minarum	1			3			3	
Euphorbia leucocephala	+			+		2		
Lippia graveolens	2				2	1		
Pilosocereus leucocephalus		2			1			
Hintonia latiflora					1		2	
Nopalea guatemalensis		2	1					
Hechtia guatemalensis				5				4
Acacia hindsii		2		1				
Caesalpinia velutina					2	2		
Dalea carthagenensis			1	1				
Exostema caribaeum		2			2			

Además: *Bursera aff. permolis 1 en 1; Stemmadenia obovata 1 en 1; Thouinidium decandrum 1 en 1; Combretum fruticosum 1 en 2; Euphorbia tithymaloides 2 en 2; Sideroxylon celastrinum 2 en 2; Spondias purpurea 1 en 2; Ceiba aesculifolia 1 en 3; Cnidoscolus tubulosus + en 3; Handroanthus chrysanthus 2 en 3; Annona reticulata 1 en 4; Dalea sp. 1 en 4; Croton axillaris 2 en 5; Haplophyton cimicidum 1 en 5; Ximenia americana 1 en 5; Haematoxylum brasiletto 1 en 6; Paspalum sp2. 3 en 6; Agave aff. minarum 3 en 7; Hyparrenia rufa 4 en 7; Karwinskia calderonii 2 en 8; Ruellia inundata 1 en 8; Swietenia humilis 2 en 8.*
Localidades: 1. Falso Limo, dentro del Parque Regional Municipal –PRM- El Castillo, Río Hondo Zacapa 15°02.850´N, 89°37.067´W; 2. Parque Regional Municipal El Castillo. Río Hondo 15°03.038´N, 89°36.925´W; 3. Aldea Panaluya, Chapa de Monte, Río Hondo, Zacapa 15°03.457´N, 89°36.480´W; 4. Aldea Panaluya, Pie del Infiernilla, Río Hondo, Zacapa 15°03.567°N, 89 °36.28´W; 5. Parque Regional Municipal El Castillo, Loma Rajada, Río Hondo, Zacapa 15°02.548´N, 89°36´W; 6. Loma Cerca guatal suroeste del Parque Regional Municipal El Castillo, Río Hondo, Zacapa 15°02.708´N, 89°37.267´W; 7. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva, lomo de Cerro 14°59.642´N, 89°45.708´W; 8. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14°59.697´N, 89°45.798´W. Elaboración propia.

Tabla 18 ***Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. de Bonellia macrocarpa ass. nova prov.***

No. de orden	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitud (damm)	51	39	34	35	40	28	29	32
Exposición	S	S	S	N	NO	S	O	N
Inclinación	31°	25°	25°	30°	30°	5°	20°	35°
Área (dam)	50	50	50	50	50	50	60	60
Cobertura arbórea %	50	90	80	90	80	60	80	70
Cobertura Arbustiva %	35	40	60	50	25	30	50	90
Cobertura herbácea %	75	30	70	10	90	60	25	80
Altura dosel	8	8	12	12	10	10	8	7
No. de Especies	18	12	14	17	25	17	10	9
Características de la asociación								
Bonellia macrocarpa	3	3	2	3	1	2	5	3
Bucida macrostachya	3	4	2	4	4	3	7	4
Cardiospermum halicacabum	3	1	2	2	2	3	5	1
Leucaena diversifolia	3	1	2	3	2	3	5	3
Características de unidades superiores y transgresivas								
Pilosocereus leucocephalus			2	1	1	2	5	2
Acacia hindsii	2	2	3		r	1		
Hyparrenia rufa	5	4	3			2		1
Hechtia guatemalensis		4		1	3			
Leucaena trichandra				1	2	1		
Nopalea guatemalensis					2	1	4	
Tonduzia stenophylla			1	1	1			
Bursera excelsa		1		1				
Bursera simaruba	1	2						
Cascabela ovata			1		1			
Erythroxylum rotundifolium						1	4	
Euphorbia tithymaloides		2			+			
Guaiacum sanctum						2	3	
Hintonia latiflora					1			3
Karwinskia calderonii	2			1				
Lysiloma acapulcense	1	2						
Senna skinneri	2				1			
Sideroxylon celastrinum				1	1			

Además: *Anona squamosa 1 en 1; Bursera schlechtendalii 2 en 1; Ipomea sp2. 2 en 1; Ipomea sp3. 2 en 1; Melochia tomentosa 3 en 1; Plocosperma buxifolium 3 en 1; Senna bicapsularis 1 en 1; Caesalpinia eriostachys 1 en 2; Acacia riparia 1 en 3; Acalypha sp. 2 en 3; Calliandra tergemina var.emarginata 3 en 3; Cochlospermum vitifolium 1 en 3; Mimosa platycarpa 3 en 3; Paspalum sp. + en 4; Plumeria rubra 3 en 4; Tillandsia ionantha 1 en 4; Tillandsia xerographica+ en 4; Euphorbia leucocephala 1 en 5; Haematoxylum brasiletto1 en 5; Hylocereus undatus 3 en 5; Oeceoclades maculata r en 5; Ruellia*

inundata 2 en 5; Ximenia americana 1 en 5; Ceiba aesculifolia 1 en 6; Commelina erecta 1 en 6; Crescentia alata + en 6; Isocarpha oppositifolia 1 en 6;Stemmadenia obovata 1 en 6; Thouinidium decandrum 1 en 6; Haplophyton cimicidum 1 en 7; Simsia sp. 2 en 7; Lantana velutina 1 en 8; Matelea sp2. 1 en 8.

Localidades: 1. Camino del copinol 15°03.950 N, 89°35.307 W; 2. Camino del copinol 15°03.818 N, 89°35.382 W; 3. Panaluya, Río Hondo 15°04.510 N, 89°28.512 W; 4. Parque Regional Municipal El Castillo. Rio Hondo 15 02.916 N, 89 37.029W; 5. Aldea Panaluya, Plan de Mateo, Río Hondo, Zacapa 15°03.355´N, 89°36.340´W; 6. Plan Casas de Pinto al oeste del Parque Regional Municipal El Castillo, Río Hondo, Zacapa 15°02.570´N, 89°37.258´W; 7. Terreno Carlos Cordón. Suroeste del Parque Regional Municipal El Castillo, Río Hondo, Zacapa 15 02.564 N, 89 37.138 W; 8. Ladera Norte Loma Rajada. Suroeste del Parque Regional Municipal El Castillo, Río Hondo, Zacapa 15°02.627´N, 89°37.038´W. Elaboración propia.

5.2.3.2.Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae ass nova prov.

Estructura y fisionomía

Son microbosques abiertos con promedio de cobertura del 50% y una altura del dosel de entre 8 y 9 metros. Árboles con mayores dimensiones se pueden observar en sitios protegidos en donde las actividades agropecuarias tienen limitaciones físicas como la presencia de roquedos. Aunque gran parte del área está compuesta por matorrales seriales, fruticedas y pastizales. Presenta estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo sin lianas y pocas especies epífitas. Hay una abundancia de especies heliofilas como leguminosas, asteráceas y pastos. La mayoría de las especies florecen durante la época de lluvias y fructifican al final de este período. Al cesar las lluvias inicia el período defoliación, este fenómeno ocurre a partir del mes de octubre. La mayoría de las especies florecen en los meses de lluvias y fructifican al finalizar este período.

Composición florística

Contiene especies *como Caesalpinia velutina* y *Guaiacum sanctum* que le dan el nombre a la asociación, acompañadas de *Pilosocereus leucocephalus, Bursera simaruba, Haematoxylum brasiletto, Cochlospermum vitifolium, Hintonia latiflora, Bursera graveolens, Bonellia macrocarpa, Cnidoscolus tubulosus, Leucaena leucocephala, Cnidoscolus urens, Mimosa platycarpa, Senna skinneri, Pereskia lychnidiflora, Exostema caribaeum, Ceiba aesculifolia, Zanthoxylum culantrillo, Tonduzia stenophylla, Plocosperma buxifolium, Haematoxylum brasiletto* y *Leucaena diversifolia* son frecuentes en áreas alteradas y degradas.

Ecología

Lo suelos sobre los que se desarrolla la asociación son de tipo entisoles, con presencia afloramientos rocosos formados por calizas, mármoles y esquistos, con influencias de cenizas volcánicas. Las pendientes van de suaves en las partes bajas a moderadas y fuertes en cerros y estribaciones de la Sierra de las Minas. En áreas mejor conservadas se encuentran ejemplares de *Guaiacum sactum* y *Pereskia lychnidiflora* más grandes que el promedio del área. Esta comunidad debido a la cercanía a poblados presenta alteraciones derivadas de la agricultura, tala selectiva de especies maderables, incendios forestales y el desarrollo de infraestructura vial. La asociación se distribuye en los isobioclimas Tropical Xérico Infratropical Inferior y Termotropical Inferior, Seco Inferior.

Variabilidad

Los inventarios 4, 5 y 6 fueron tomados en y alrededor de una pared rocosa, en donde se observa *Stenocereus pruinosus* y *Hechtia guatemalensis*, que son frecuentes en roquedos. Los inventarios 7 al 11 se tomaron sobre mesetas que presentan mayores disturbios posiblemente por el efecto de agricultura y ganadería en tiempos pasados. En estas áreas predominan espacios abiertos con mayor presencia de especies de asteráceas y poaceas.

Observaciones

Esta comunidad se extienda hacia el oeste del valle del Motagua, aunque el alto grado de fragmentación, degradación e impactos antrópicos hacen que existan áreas muy degradas, con suelos arenosos, en donde proliferan especies espinosas y urticantes como *Cnidoscolus tubulosus.*

Tabla 19. ***Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutine ass. nova. prov.***

Nº orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Altitud (dam)	31	30	32	32	32	33	42	40	38	37	30
Exposición	S	SE	SE	SE	SE	SE	NE	SE	NE	NE	SE
Inclinación (grados)	30	20	25	45	45	45	20	25	20	15	20
Área (dam)	9	3	8	7	8	8	8	8	7	8	7
Cobertura arbórea %	80	80	90	80	90	50	45	50	45	50	75
Cobertura Arbustiva %	60	50	80	60	70	55	50	60	55	65	45
Cobertura herbácea %	90	75	90	80	70	80	80	80	90	80	50
Altura dosel	7	8	12	7	6	9	9	6	8	6	4
No. Especies	25	18	17	18	17	20	20	25	19	22	19
Características de la asociación											
Caesalpinia velutina	3	5	5	5	5	3	3	3	3	3	4
Pilosocereus leucocephalus	4	4		3		3	3	1	4	4	
Guaiacum sanctum	3	4	5			2	4	5		5	4
Características de unidades superiores y transgresivas											
Hintonia latiflora	3	2	3	3	3	3	1	3	2	1	3
Bursera simaruba	3		2	3	4	1	2		2	4	2
Haplophyton cimicidum	4	3	3	3	2		4	4	2		4
Haematoxylum brasiletto	2	3		2	3		2		4	4	3
Bonellia macrocarpa	2	2				2	2	3	2	2	2
Leucaena diversifolia	1		2		2		2	2	2	2	4
Cochlospermum vitifolium	2	2	3	2	4	3		2	2		
Peniocereus hirschtiaus	2	2	2	3	3	1		2	3		
Cnidoscolus urens	2	2	2	2	3	2	2	4			
Plumeria rubra	2					3	3	4		3	2
Bursera graveolens	2	3		4	3	4		3			
Setaria sp.					3	2	3	3		2	3
Cardiospermum halicacabum	2		2		2	2		2			
Hechtia guatemalensis	3		3	4	4	4					
Isocarpha oppositifolia							3	3	3	4	4
Nopalea guatemalensis	2	2	2	2	1						

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Mammillaria karwinskiana	2	1	2	2		2					
Mimosa pigra							4	4	4	3	3
Amphipterygium adstringens	3					2				2	3
Cnidoscolus tubulosus		2							4	4	3
Erythroxylum rotundifolium							4	4	2		4
Euphorbia 2.	2					2	1	1			
Indigofera miniata		2	3	2	1						
Sida sp.		2		2		3					3
Bursera schlechtendalii									4	3	4
Tetramerium nervosum	2	3				3					
Acanthocereus tetragonus								2	2	2	
Bursera excelsa							3	2	1		
Zanthoxylum culantrillo	2	2	2								
Simsia sp.									3	3	3
Stenocereus pruinosus			4	3	3						
Tonduzia stenophylla								2		3	
Euphorbia tithymaloides								3		2	
Ceiba aesculifolia	2					1					
Mimosa platycarpa							3			3	
Brachiaria sp.							2	2			
Euphorbia sp.	1							3			
Senna skinneri								3	3		
Trichocentrum cebolleta				2	2						

Además: *Pereskia lichnidiflora 5 en 3; Spondias purpurea 2 en 4; Exostema caribaeum 4 en 7; Agave aff. minarum 2 en 10; Mammillaria eichlamii 3 en 10; Polystemma viridiflora 1 en 11.*

Localidades: 1. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán, parte baja del cerro 14°56.717´N, 89° 49.517´W; 2. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán, parte baja del cerro 14°56.683´N, 89°49.517´W; 3. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán, cerca de afloramientos de roca 14°56.683´N, 89°49.533´W; 4. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán, en peñasco 14°56.667´N, 89°49.550´W.; 5. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán, en peñasco 14°56.683 N, 89°49.550´W; 6. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán parte alta 14°56.667´N, 89°49.550´W; 7. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán parte alta 14°56.808´N, 89°49.622´W; 8. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán parte alta 14°56.883´N, 89°49.550´W´´O; 9. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán parte alta 14°56.982´N, 89° 49.440´W; 10. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán parte alta 14°56.902´N, 89°49.418´W ; 11. Parque Municipal San Cristobál Acasaguastlán parte alta 14°56.705 N, 89°49.453´W. Elaboración propia.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.2.3.3.Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae ass nova prov.

Estructura y fisionomía

Constituyen microbosques con alturas promedio de 7 m, aunque algunas especies como Switenia humilis pueden llegar a tener portes mayores. Tienen una cobertura cerrada a semiabierta que varía del 60 al 90%. *Tonduzia stenophylla* es la especie dominante isionómico, mientras que *Bursera schlechtendalii* ocupa posiciones marginales en la comunidad preferentemente sobre suelos someros como ocurre en las partes altas cerros y en escarpes. Elementos rosetofilos como *Hechtia guatemalensis* junto con *Agave aff. minarum* tienden a formar colonias asociadas a las áreas más pedregosas. Es frecuente encontrar especies de poaceas y asteráceas. Son escasas las especies epifitas. La mayoría de las especies florece de mayo a octubre, siguiendo el ritmo estacional de las lluvias; al finalizar esta época inicia la fructificación.

Composición florística

Presenta especies como arbóreas como *Tonduzia stenophylla, Bursera simaruba, Leucaena diversifolia, Bursera excelsa, Cardiospermum halicacabum, Bonellia macrocarpa, Caesalpinia velutina, Handroanthus chrysanthus*, entre otras. Entre los arbustos predominan *Amphipterygium adstringens, Haematoxylum brasiletto, Bursera schlechtendalii, Mimosa zacapana, Plumeria rubra, Lysiloma acapulcense, Hintonia latiflora, Pilosocereus leucocephalus* y *Guettarda elliptica*. En ambientes rocosos o en pendientes moderadas se observan rosetófilas como *Hechtia guatemalensis* y *agave aff. minarum*. En otros sitios se pueden encontrar *Setaria sp., Bromelia karatas, Hyparrenia rufa* e *Isocarpha oppositifolia. Cardiospermum* sp. es una especie trepadora en el área.

Ecología

Se encuentra preferentemente en laderas y crestas expuestas y soleadas, con suelos someros, posiciones que favorecen a especies como *Bromelia karatas, Agave aff. minarum*, *Bursera schlechtendalii*, entre otras. Esta posición permite considerarla como una comunidad edafoxerófila. La situación edafoxerófila de *B. schlechtendalii* también descrita por Salvatierra (2021). Diferentes especies de esta asociación han sido fue catalogada dentro de la Selva baja caducifolia (Miranda & Hernández, 1963), y dentro del sistema de Holdridge como Bosque seco tropical (IARNA-URL, 2018), así como Bosque Tropical Caducifolio (Rzedowski, Vegetación de México, 2006). Los isobioclimas en donde se encuentra son el Tropical Xérico Infratropical Superior y Termotropical Inferior con ombrotipo Seco Superior.

Variabilidad

Los inventarios 3 y 4 fueron realizados en el municipio de Sanarate, que es un lugar que comparte las mismas características bioclimáticas de la Sierra de las Minas, aunque se encuentra alejado del área de trabajo. La mayoría de los inventarios corresponden a cimas o ladeas cercanas a las cimas y crestas de cerros. Esta asociación se encontró tanto a sur del río Motagua en el parque municipal Niño Dormido como en la Sierra de las Minas.

Observaciones

Es una asociación que presenta alteraciones derivadas de la agricultura, ganadería y extracción de leña. Se ubica en cimas y crestas de distintos cerros. Especies arbóreas o semiarbustivas como *Leucaena diversifolia* y *Haematoxylum brasiletto* (Castañeda Salguero & Ayala, 1996), son claros indicadores de perturbación y forman densos bosquecillos en sitios en etapas de sucesión secundaria.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 20. ***Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae ass. nova prov.***

Nº Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Altitud (dam)	60	80	83	44	47	57	47	53	49	65	58	51	56	60	80	83	44
Exposición	N	SO	NO	N	EO	SE	SE	SO	EN	NO	OE	ES	NO	NO	O	O	N
Inclinación (°)	27	4	20	23	20	15	28	15	35	23	39	23	25	25	15	30	27
Área (dam2)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	8	8	5
Cobertura arbórea %	90	75	80	65	75	70	80	75	80	50	60	90	70	90	75	80	65
Cobertura arbustiva %	40	40	70	70	50	65	60	50	75	40	60	75	20	40	40	70	70
Cobertura herbácea %	70	40	90	80	80	70	75	30	60	30	40	80	20	70	40	90	80
Altura dosel	18	8	8	7	7	7	10	8	10	16	8	6	6	18	8	8	7
Nº Especies	16	22	20	17	15	12	16	18	13	13	11	15	27	27	7	14	8
Características de la asociación																	
Tonduzia stenophylla	5	2	5	4	2	2	2	3	1	2			2	2	2	3	4
Bursera schlechtendalii		1		4	4	3	2	3	3	3	3	2		3		2	4
Bursera simaruba	4	1	1				2	2	2	2	1	1	3	1			1
Haematoxylum brasiletto		1	1	3	2	2			2		2		2	2	3	3	1
Características de unidades superiores y transgresivas																	
Bursera excelsa		3	1	3	2			2	2	1		2	1	1		1	
Plumeria rubra		1	2	2	1		1	1	2		1	1				1	
Bonellia macrocarpa		2		1	1	1	2	2			1	1				2	
Leucaena diversifolia		2					2	2		1	1	2	5	4			
Guettarda deamii		3	2										1	3	2	2	
Isocarpha oppositifolia					1		2	1	2	3		2					
Lysiloma acapulcense			1	1			2	2		3	1	1					
Pilosocereus leucocephalus		2	1	1				2					1	1			1
Handroanthus chrysanthus		1	1										2	3	2		
Mimosa zacapana				1	2	3			1			1			2		
Piscidia grandifolia				2		2	1	2	1			1					
Hyparrenia rufa				4			3		4	4	3	2					
Caesalpinia velutina										2	1		4	5			
Cardiospermum halicacabum	2												2	2		1	
Cascabela ovata				1	1				1			1				1	
Chloroleucon mangense		4	2										2	3			
Cochlospermum vitifolium	1												2	1		1	
Hintonia latiflora				1			1	1				1	1				
Stenocereus eichlamii	1			1					1				+	+			
Ximenia americana				2	1			1				2	2				
Calycophyllum candidissimum	1				2	1											
Cardiospermum sp1.		3	2	1					1								
Euphorbia tithymaloides	1												2	1			
Guaiacum sanctum							1	2		2							
Hechtia guatemalensis	2		5											1			
Karwinskia calderonii				1		1					2	2					
Setaria sp. 1						3	3			3							
Simarouba amara			1										1	1			
Swietenia humilis			1										2	3			
Zanthoxylum culantrillo							2	2								2	

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Agave aff minarum							1	1												
Amphipterygium adstringens					1			2												
Bromelia karatas		3	3																	
Bucida macrostachya									4		3									
Cedrela tonduzii	1											1								
Ceiba aesculifolia															1	2				
Crescentia alata							1								1					
Gyrocarpus americanus	1														2					
Luehea sp1.		2	4																	
Luehea speciosa															1	2				
Ocimum campechianum															+	+				
Oplismenus sp 1.		3	3																	
Plocosperma buxifolium															1					2

Además: *Anthurium schlechtendalii 2 en 1; Ardisia paschalis 1 en 1; Begonia sp1. + en 1; Cecropia pachystachya 1 en 1; Mimosa sp1. 2 en 1; Mimosa sp4. 2 en 1; Oplismenus sp2. 2 en 1; Tillandsia sp1. 2 en 1; Agave sp.2 1 en 2; Heliotropium sp1. 1 en 2; Hymenaea courbaril + en 2; Lippia alba 1 en 2; Neuralaena lobata 3 en 2; Zanthoxylum sp1. 2 en 2; Acacia hindsii 1 en 3; Haematoxylum sp1. 1 en 3; Tecoma stans 1 en 3; Lennoa madreporoides 1 en 5; Erythroxylum rotundifolium 3 en 5; Gymnanthes sp1. 2 en 5; Alavaradoa amorphoides 2 en 6; Bursera graveolens 2 en 8; Mimosa platycarpa 1 en 8; Waltheria indica 2 en 10; Cordia alliodora 1 en 13; Guazuma ulmifolia 1 en 13; Peniocereus hirschtiaus 1 en 13; Gliricidia sepium 1 en 14; Habenaria sp. r en 14; Hibiscus phoeniceus + en 14; Hiraea sp. 1 en 14; Hylocereus undatus 1 en 14; Pachyrhizus erosus + en 14; Byrsonima cinerea 3 en 15; Mammilaria karwinskiana ssp. collinsi 1 en 15; Cnidoscolus tubulosus 1 en 16; Euphorbia sp1. 3 en 16; Oplismenus sp3. 1 en 16; Thouinidium decandrum 1 en 16; Lonchocarpus sp. 1 en 17.*

Localidades:1. Hidroeléctrica Río Hondo, Zacapa 15°4'11.3"N 89°36'41.1"W; 2. Finca El Chilar, Sanarate, El Progreso 14°46'46.4"N 90°10'32.4"W; 3. Finca El Chilar, Sanarate, El Progreso 14°46'45.8"N, 90°10'34.8"W 4. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'27.7"N, 89°48'23.5"W; 5. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'28.5" 89°48'11.4"; 6. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'32.4"N, 89°48'11.4"W; 7. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'33.1"N, 89°48'21.1"W; 8. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'24.1"N, 89°48'30.1"W;9 Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'03.3"N, 89°48'20.8"W; 10. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'27.4" 89°48'08.1"; 11. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'18.1" 89°48'18.3"; 12. Parque Regional Municipal Cerro Grande, Morazán El Progreso 14 55 46.0 N, 90 09 16.4 W; 13. Parque Regional Municipal Cerro Grande, Morazán El Progreso 14 55 50.5 N, 90 09 23.5 W; 14. Finca Privada, Meseta de Cerro, Morazán El Progreso 14 54´24.0´´N, 90 10´22.7"W; 15. Finca Privada, Morazán El Progreso 14°54´24.0´´N, 90°10´27.7´´W; 16. 14 59 44.6 N, 89 46 52.6 W; 17. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54'15.3"N 89°48'44.2"W. Elaboración propia.

5.2.3.4.Cardiospermo halicacabi -Haematoxyletum brasilettae ass nova prov.

Estructura y fisionomía

Microbosques cerrados o semiabiertos, enmarañados, con alturas de dosel de 7 a 8 m, con cobertura de 60 a 90%, siendo el promedio 70%. El estrato arbustivo tiene una cobertura que va desde 30 hasta 80% con altura hasta de 4 m. En el sotobosque se pueden observar diversas cactáceas y rosetofilas como *Hechtia guatemalensis*, agaves y otras crasas. Destaca la presencia de cactáceas arbustivas como *Pilosereus leucocephalos* y *Nopalea guatemalensis,* epítifas, algunas lianas y trepadoras. *Cardispermum halicacabum* es una especie frecuente con individuos postrados o trepadores. En esta asociación las especies florecen principalmente entre mayo a noviembre, concentrándose el pico de producción de flores entre junio y julio. La fructificación principalmente de julio a octubre, extendiéndose hasta diciembre (Castañeda Salguero, 2004).

Composición florística

Presenta especies arbóreas y arbustivas como *Haematoxylum brasiletto* que da el nombre a este grupo, *Caesalpinia velutina, Simarouba amara, Bursera simaruba*, *Nopalea guatemalensis, Senna bicapsularis, Acacia picachensis.* En el estrato herbáceos, *Hechtia guatemalensis, Hylocereus undatus, Mammillaria karwinskiana* y *Agave sp. Melocactus curvispinus*. También se encuentran algunas especies que suelen encontrarse como postradas o a veces trepadoras como *Cardiospermum halicacabum* y *Petrea volubilis*. Esta asociación la componen especies consideradas como secundarias en el área, *Haematoxylum brasiletto* y *Caesalpinia velutina* a juicio de Castañeda y Ayala (1996) son indicadoras de etapas sucesionales en el área.

Ecología

La comunidad se ubica entre 350 a 550 m de altitud, sobre entisoles desarrollados sobre esquistos, gneis, calizas y rocas metamórficas. Los sitios en donde se encuentra están conformados por laderas con pendientes entre 15º y 30° de inclinación. Son comunidades secundarias, en zonas con diversos grados de alteración, pueden formar arbustedas y matorrales sucesionales. En este sentido Castañeda & Ayala (1996) ya apuntaban la presencia de bosquetes de carácter secundario vinculados a la extracción de leña y a la ganadería extensiva. Los isobioclimas en donde se encuentra la asociación son es el Tropical Xérico Infratropical Superior y Termotropical Inferior, Seco. Este tipo de asociación ha sido catalogada como Selva baja caducifolia, y Bosque tropical caducifolio y zona de vida Bosque seco tropical (Miranda & Hernández, 1963; Rzedowski, 2006; IARNA-URL, 2018).

Variabilidad

Los diversos grados de perturbación son responsables de la fluctuación del número de especies entre inventarios. En la Tabla 21 se observa que los inventarios 1 y 2 presentan 32 y 30 especies respectivamente, mientras que el resto contiene un menor número de especies. La presencia de especies de carácter secundario y de oportunistas como *Mimosa platycarpa* y *Leucaena diversifolia* favorecen estos contrastes.

Observaciones

Por lo comentado anteriormente esta asociación constituye una etapa sucesional de otra posiblemente de *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae,* ello debido a que varias de las especies son compartidas con esta asociación.

Tabla 21. ***Cardiospermo halicacabi - Haematoxylumetum brasilettae ass. nova prov.***

No. Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Altitud (m s.n.m.)	40	38	35	38	43	57	45	41	48	42	51	55	55
Exposición	O	N	S	SE	SO	EN	SE	EN	N	NO	SO	SO	SO
Inclinación (grados)	28	21	18	20	14	21	29	35	33	20	30	15	25
Área (dam)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	9	12	10	10
Cobertura arbórea %	80	80	60	80	50	75	82	60	65	75	90	70	60
Cobertura Arbustiva %	40	40	40	50	60	65	75	70	50	30	75	80	80
Cobertura herbácea %	60	80	90	80	80	40	60	75	45	80	80	10	20
Altura dosel	15	12	12	10	10	7	8	11	7	7	6	8	8

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

No. Especies	28	23	13	17	18	9	13	14	26	11	11	12	13
Características de la asociación													
Haematoxylum brasiletto	3	1	1	1	1	2	2	3	1	4		4	3
Bonellia macrocarpa	1	1				1	1	1	+	2	1	1	2
Bursera simaruba	1	1		1		3	2		+			2	1
Cardiospermum halicacabum	1	2	1	1	2				1	2	1		
Bursera excelsa	1	1	2	2	2			2	+				
Características de unidades superiores y transgresivas													
Caesalpinia velutina	3	3		2	3		1	1	3				
Pilosocereus leucocephalus		1	1		1				1	2	2		1
Isocarpha oppositifolia		1		3	2	2	1	2					
Karwinskia calderonii	1	3	1	1				1			2		
Leucaena diversifolia	1	1	1				1		1	1			
Lysiloma acapulcense	3	1		1		1	1	1					
Plumeria rubra	1	1					1	2			4	1	
Cascabela ovata	1	1	2					1	+				
Hintonia latiflora	3	2		1	1		1						
Tonduzia stenophylla	2	2		2	2	1							
Amphipterygium adstringens	2	1	3					1					
Ceiba aesculifolia	1			1	1				+				
Ximenia americana	2	1						1				2	
Cnidoscolus aconitifolius	2	1		2									
Euphorbia cyathophora	1			1	1								
Guaiacum sanctum	1			1	1								
Hechtia guatemalensis				3					+		5		
Mammilaria karwinskiana ssp. collinsi											1	1	1
Mimosa platycarpa		1				2	1						
Opuntia guatemalensis		1	2						+				
Peniocereus hirschtiaus									r	1			2
Plocosperma buxifolium	1		1		1								
Ruellia inundata	1			1						4			
Simarouba amara											5	4	4
Stenocereus eichlamii		1	1										1
Waltheria indica					2	1		2					
Bursera graveolens	1				1								
Caesalpinia exostemma	3						1						
Cnidoscolus tubulosus										1		1	
Cochlospermum vitifolium												1	1
Ditaxis guatemalensis.	1				1								
Guettarda deamii							1		2				
Handroanthus chrysanthus							1		1				
Haplophyton cimicidum	1							2					
Hylocereus undatus											1		1
Mimosa zacapana			1			1							
Nopalea guatemalensis										1			1
Semialarium mexicanum		1							+				
Stachytarpheta cayennensis			1		1								

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Swietenia humilis				+	3
Tetramerium nervosum	2	2			

Además: *Agave sp5. r en 1; Bursera bipinnata 1 en 1; Senna bicapsularis 2 en 1; Acacia picachensis 1 en 4; Cnidoscolus urens 1 en 5; Cardiospermum sp.1 2 en 8; Bursera schlechtendalii 1 en 9; Chloroleucon mangense 2 en 9; Euphorbia tithymaloides + en 9; Gyrocarpus americanus 2 en 9; Luehea sp1. 1 en 9; Petrea volubilis + en 9; Senna candolleana 1 en 9; Spondias purpurea 2 en 9; Tecoma stans 1 en 9; Blechum pyramidatum 3 en 10; Bucida macrostachya 2 en 10; Leucaena trichandra 3 en 11; Melocactus curvispinus r en 11; Lonchocarpus sp. 1 en 12; Melinis sp. 2 en 12; Acanthocereus tetragonus 1 en 13; Opuntia decumbens 1 en 13.*

Localidades: 1. Reserva Municipal Niño Dormido 14°52.337'N 89°48.778'W; 2. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54.467'N, 89°48.807'W; 3. Reserva Municipal Niño Dormido 14°52.358', 89°48.935´W; 4. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54.373'N, 89°48.793´W; 5. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54.398'N, 89°48.852'W; 6. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54.440'N, 89°48.223'W; 7. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54.447'N, 89°48.460'W; 8. Reserva Municipal Niño Dormido 14°54.335'N; 89°48.747'W; 9. Parque ecológico Cerro Grande 14°55.867'N, 90°09.350'W; 10. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14 59.615´N, 89 45.795´W; 11. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14 59.697 N, 89 46.803´W; 12. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva 14 59.723 N, 89 46.875 O; 13. Finca Privada, Usumatlán, Higinio Oliva. 14 59.677 N, 89 46.790 W. Elaboración propia.

5.2.3.5.Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae ass nova prov.

Estructura y fisionomía

Microbosques a mesobosques con altura del dosel entre 10 hasta 19 m, con una estructura que de poco abierta a cerrada entre 70% y 90% en el estrtato árbóreo. Los arbustos tienen una cobertura entre 30 y 60%, con alturas que oscilan entre 3 y 4 m aproximadamente. Presenta un estrato herbáceo con varias especies postradas y rosetofilas que pueden cubrir hasta 90 % del suelo del bosque. Existen pocas epífitas y no hay lianas, excepto por especies trepadoras. Al igual que el resto de las asociaciones de los bosque caducifolios del valle y planicies las especies preferentemente florecen durante las lluvias estacionales y fructifican al finalizar esta temporada. Aunque existen algunas especies que tienen un ciclo cambiado floreciendo en la época seca y fructificando durante las lluvias.

Composición florística

Lysiloma divaricatum que da el nombre al grupo en conjunto *con Bursera simaruba*, acompañadas de; *Cochlospermum vitifolium; Bursera excelsa, Leucaena diversifolia, Handroanthus chrysanthus, Calycophyllum candidissimum, Cecropia pachystachya, Pereskia lichnidiflora, Apoplanesia paniculata* y *Plocosperma buxifolium*. Entre los arbustos contiene especies como *Acalypha schiedeana, Cnidoscolus tubulosus, Bonellia macrocarpa, Serjania lobulata, Cardiospermum halicacabum, así como varias especies de cactáceae* como *Pilosocereus leucocephalus; Opuntia guatemalensis, Stenocereus eichlamii y Acanthocereus tetragonus*. El suelo se encuentra cubierto por *Hechtia guatemalensis* en lugares rocosos y *Euphorbia tithymaloides,* acompañadas de *Ruellia inundata, Ipomoea sp., Haplophyton cimicidum* y *Sellaginella pallescens.*

Ecología

Se encuentra en laderas de pendientes moderadas a fuertes de (12º a 38° de inclinación) entre las cotas de 300 a 700 m y sobre entisoles desarrollados a partir de esquistos y arenas clásticas, con afloramientos de otros materiales geológicos tanto sedimentarios como metamórficos. Bioclimáticamente se corresponde con los

isobioclimas Tropical Xérico Infratropical Superior y Termotropical Inferior Seco Superior. En ciertos sitios como en la cuenca del río Hondo, su estructura y composición se encuentra muy afectada por la presencia de ganadería, extracción de leña, deslizamientos y por los incendios forestales. Catenalmente contacta con la asociación *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae* y con *Querco penducularis - Pinetum oocarpae*. La asociación se incluye en el concepto de Selva baja caducifolia, Bosque tropical caducifolio y zona de vida Bosque seco tropical (Miranda & Hernández, 1963; Rzedowski, 2006; IARNA-URL, 2018).

Variabilidad

En los inventarios 7 al 14 se ubican al sur del río Motagua especialmente en Reserva para la conservación del *Heloderma* y presenta una mayor presencia de *Serjania lobulata*, mientras que los inventarios 1 al 6 que se encuentran en la Sierra de las Minas presentan *Cardiospermum halicacabum*. Ambas especies son muy parecidas tanto morfológicamente como el nicho que ocupan dentro del bosque. Es posible que ambas se sustituyan en una u otra zona de la cuenca del río Motagua. Las áreas en se presentan los representantes de esta asociación son disimiles entre sí en su topografía, tipo de roca y exposición.

Observaciones

Esta asociación generalmente se ubica en terrenos marginales para la agricultura, aunque como ya se indicó presenta perturbaciones puntuales derivados del fuego, la ganadería y otros fenómenos.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 22. ***Bursero simarubae - Lysilometum divaricate ass. nova prov.***

No. Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Altitud (m s.n.m.)	54	52	42	31	51	36	65	65	69	64	59	67	70	70
Exposición	N	N	SE	N	N	SE	SE	E	E	SE	N	E	E	E
Inclinación (grados)	23	27	24	27	31	33	12	13	15	18	33	38	28	28
Área (dam)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cobertura arbórea %	90	80	90	70	70	80	70	70	90	90	70	70	70	70
Cobertura Arbustiva %	40	30	30	30	30	40	70	70	40	50	60	40	40	40
Cobertura herbácea %	40	90	40	90	90	40	90	90	20	40	30	20	20	20
Altura dosel	18	20	12	10	10	10	12	15	12	15	15	12	15	15
No. Especies.	13	12	13	11	18	17	18	16	14	11	17	15	16	19
Características de la asociación														
Lysiloma divaricatum	2	3	5	4				4	5	5	2	4	4	4
Bursera simaruba			5	4	4	3		2	3	3	4	2		
Hechtia guatemalensis	3	5	3	5		3		5				2	2	2
Cnidoscolus aconitifolius	3	3	3				1	2		2	1	1	1	
Serjania lobulata							5	3	3	3	3	2	1	1
Pilosocereus leucocephalus	1		1	1		2						2	3	2
Bursera excelsa					2	5		3	1		1		2	
Cochlospermum vitifolium	5	5	3	3	4	5								
Leucaena diversifolia							4		4	2	2			2
Características de unidades superiores y transgresivas														
Cardiospermum halicacabum		5	3	3	5	3								
Pereskia lichnidiflora								r	1	1	1			1
Stenocereus eichlamii								1				2	3	2
Euphorbia tithymaloides					1	1						1	1	
Handroanthus chrysanthus		1				1							1	1
Calycophyllum candidissimum	5	5	2		3									
Ruellia inundata							4		2				1	3
Ipomoea sp.4							1	1		1	2			
Bonellia macrocarpa									2	2		1		
Caesalpinia velutina								1	3				1	
Haplophyton cimicidum	2					1								1
Plocosperma buxifolium											2		1	1
Opuntia guatemalensis								1				1	1	
Cecropia pachystachya	3		1	1										
Acalypha schiedeana								1				1	1	
Apoplanesia paniculata			4				1		1					
Lonchocarpus minimiflorus							1		1		3			
Luehea candida	1				3						1			
Plumeria rubra		2											1	
Hintonia latiflora							3	2						
Guettarda deamii										3		1		
Ceiba aesculifolia			1	1										
Swietenia humilis					2	1								
Tetramerium nervosum										1	1			
Acanthocereus tetragonus								2						1

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Gyrocarpus americanus		2												1
Bucida macrostachya												4	3	
Acacia picachensis							1			1				
Guazuma ulmifolia		2				1								
Mimosa sp.2										2				2
Senna bicapsularis						2		1						
Aphelandra scabra							1							1
Euphatorium sp.1			1	3										
Platymiscium sp1.						1								1
Portulaca sp.1									1	3				
Sellaginella pallescens					3	3								
Stemmadenia obovata										1				3
Urera sp.	1	2												

Además: *Bursera graveolens 1 en 1; Ficus sp2. 2 en 1; Psychotria sp2. 4 en 1; Allophylus recemosus 3 en 2; Muntingia calabura 2 en 3; Acacia hindsii 1 en 4; Euphatorium sp. 3 en 4; Acacia riparia 1 en 5; Adianthum deflectens 3 en 5; Amphipterygium adstringens 2 en 5; Cascabela ovata 2 en 5; Dioscorea sp1. 1 en 5; Hibiscus sp. 2 en 5; Hymenaea courbaril 1 en 5; Karwinskia calderonii 1 en 5; Rynchospora sp. 3 en 5; Caesalpinia eriostachys 3 en 6; Euphorbia leucocephala 1 en 6; Gliricidia sepium 2 en 6; Lygodium venustum 2 en 6; Peniocereus hirschtiaus 2 en 6; Pithecellobium sp. 2 en 6; Caesalpinia exostemma 1 en 7; Cnidoscolus urens 1 en 7; Cuscuta indecora r en 7; Isocarpha oppositifolia 2 en 7; Lippia alba 3 en 7; Senna occidentalis 1 en 7; Ximenia americana 1 en 7; Chloroleucon mangense 3 en 9; Stachytarpheta cayennensis 1 en 9; Lantana horrida 1 en 11; Bursera schlechtendalii 1 en 12; Calliandra sp.1 2 en 12; Macroscepis pleistantha 1 en 14; Marsdenia trivirgulata 1 en 14.*

Localidades:1. Hidroeléctrica Rio Hondo, Zacapa 15°04.167'N, 89°36.617'W; 2. Hidroeléctrica Rio Hondo, Zacapa 15°04.145'N, 89°36.378'W; 3. Hidroeléctrica Rio Hondo, Zacapa 15°04.083'N, 89°36.300'W;4. Hidroeléctrica Rio Hondo, Zacapa 15°04.033'N, 89°36.160'W; 5. Mascarón de Panaluya 15°04.372'N, 89°35.967'W; 6. Mascarón de Panaluya 15°04.373' N, 89°35.970'W ; 7. Reserva para la conservación del Heloderma 14°46.763'N, 90°10.582'W; 8. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.817'N, 89°47.340'W; 9. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.862'N, 89°47.443' W; 10. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.725'N, 89°47.605'W; 11. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.715' N, 89°47.340' W; 12. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.812'N, 89°47.290'W; 13. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.780'N, 89°47.365'W; 14. Reserva para la conservación del Heloderma 14°51.782'N, 89°47.367'W. Elaboración propia.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

5.2.4.Pisos de vegetación

Con base en los datos bioclimáticos y los resultados de los análisis de vegetación (presentados sintéticamente en la Tabla 23) se esquematizaron dos catenas que representan sendas situaciones en el área de trabajo (Figura 21 y Figura 22). La primera representa la distribución de las distintas asociaciones (pisos de vegetación) y sus correspondientes pisos bioclimáticos a lo largo de un transecto desde el río Motagua a 192 m de altitud hasta el Cerro Pinalón a más de 2500 m. La segunda catena se ubica hacia el Este de la anterior abarcando desde dicho río hasta el Cerro Raxón a 3000 m de altitud.

Los pisos bioclimáticos y la vegetación se comportan ligeramente diferente hacia el oeste o hacia el este en la zona estudiada de la Sierra de las Minas, siendo la porción oriental más cálida y seca, que la occidental. Esto hace que la vegetación xerofítica caducifolia pueda ascender un poco más en hacia el oriente. Por ejemplo, la asociación *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae* en la cuenca del río Morazán se observa a cotas de 800 m, mientras que en río Hondo, que está al este, se observa entre 500 y 600 m. Un hecho notorio es que el este de la Sierra de las Minas, tanto a nivel de cumbres como de piedemontes, tiene mayor influencia del mar Caribe, lo que se traduce en una mayor influencia de los vientos húmedos del Caribe al Valle del río Motagua. Asimismo, a medida que la Sierra avanza hacia occidente, las cumbres más elevadas suponen una cada vez mayor barrera orográfica que actúa de sombra de lluvias, lo que favorece la prevalencia y extensión de la vegetación xerofítica favorecida por la disminución de las precipitaciones y por las temperaturas más elevadas.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

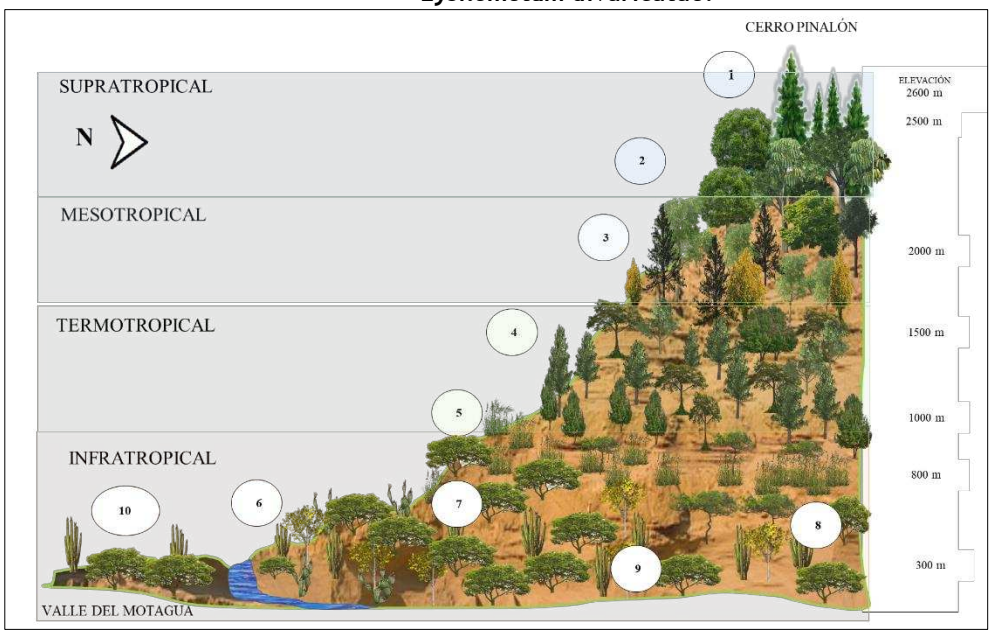
Tabla 23.Relación vegetación y pisos bioclimáticos

No.	Asociación	Índices y horizontes bioclimáticos					
1	**Bosques Perennifolios de Montaña**						
		Est.	It	Io	Iod2	BC	Hz.
1.1	*Oreopano steyermarkii-Pinetum pseudostrobii*	RX*	231	22.5	5.5	TP	Str Sup-Hhu Sup
1.2	*Podocarpo oleifoliae-Quercetum ocoteifoliae*	RX*	231	22.5	5.5	TP	Str Sup-Hhu Inf
		CE*	301	13.3	3.8	TP	Str Inf-Hhu Inf
		BN2*	249	13.7	4.0	TP	Mtr sup-Hhu Inf
1.3	*Querco sapotifoliae-Pinetum maximinae*	SL	38.1	9.4	2.8	TPe	Mtr sup- Hu Sup
		**				TPe	Mtr Sup Hu Inf
		EM*	477	7.32	3.5	TPe	Mtr Inf-Hu Inf
1.4	*Querco penducullariae-Pinetum oocarpae*	AL	513	8.79	4.5	TPe	Ttr Sup-Hu Inf
		EC*	635	5.16	4.0	TPe	Ttr Sup-Shu Sup
1.5	*Curatello americanae-Byrsonimetum cinereae*	CH*	657	4.32	3.6	TPe	Ttr Inf-Shu Inf
		**				TPe	Ttr Sup-Sec Sup
2	**Bosques caducifolios del valle y planicies**						
2.1	*Tonduzio stenophyllae - Burseretum schlechtendalii*	CC*	707	3.53	3.3	TX	Ttr Inf-Sec Sup
		PB	762	2.57	4.2	TX	Infr Sup-Sec Inf
		LF	773	2.27	4.6	TX	Infr Sup-Sec Inf
2.2	*Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae*	**				TX	Infr Sup-Sec Sup
		LF	773	2.27	4.6	TX	Infr Sup- Sec Inf
2.3	*Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae*	**				TX	Infr Sup-Sec Sup
		LF	773	2.27	4.6	TX	Infr Sup-Sec Inf
2.4	*Bursero simarubae -Lysilometum divaricatae*	**				TX	Infr Sup-Sec Sup
		PB	762	2.57	4.2	TX	Infr Sup-Sec Inf
2.5	*Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae*	**				TX	Infr Sup-Sec Sup
		PB	762	2.57	4.2	TX	Infr Sup-Sec Inf

Est.: estación; *: Estación virtual; ** Calculado a partir de las bases de datos de los mapas bioclimáticos. EC: Ecotono Bosque Seco/Pinos, EM: El Mosquito, SL: San Lorenzo, Al: Albores, LF: La Fragua, PB: Pasabién, CC: Cerro Cordoncillo, CM: Cerro Los Monos; BN2: Bosque Nuboso 2; CE: Camino Bosque Enano; BE: Bosque Enano Cima; RX: Cima Raxón. BC: Bioclima, TX: Tropical Xérico, TPe: Tropical Pluviestacional y TP: Tropical Pluvial
Elaboración propia.

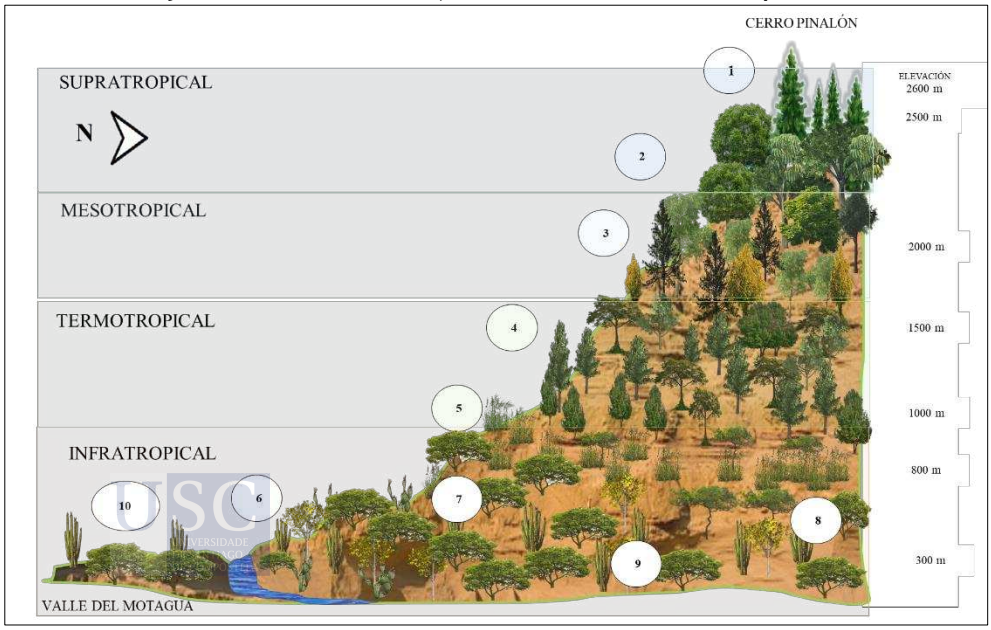
USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Figura 21. Catena idealizada del transecto Cerro Raxón. Bosques Perennifolios de Montaña: *1. Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii, 2. Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae, 3. Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae, 4. Querco penducullariae - Pinetum oocarpae, 5. Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae.* Bosques caducifolios del valle y planicies: *6. Tonduzio stenophyllae - Burseretum schlechtendalii, 7. Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae, 8. Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae, 9. Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae.*



Elaboración propia.

Figura 22. Catena idealizada del transecto Cerro Pinalón. Bosques Perennifolios de Montaña: *1. Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii, 2. Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae, 3. Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae, 4. Querco penducullariae - Pinetum oocarpae, 5. Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae.* Bosques caducifolios del valle y planicies: *6. Tonduzio stenophyllae - Burseretum schlechtendalii, 7. Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae, 8. Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae, 9. Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae, 10. Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae.*



Elaboración propia.

5.2.5.Estado de Conservación

En general los bosques de la Sierra de las Minas han sido afectados por diversas activades humanas. Desde las primeras visitas de madereros extranjeros, pasando por la demanda de maderas preciosas para la fabricación de durmientes del tren, la construcción de muebles y otros enseres. La agricultura, especialmente la expansión de la agroindustria del melón, sandía y tabaco, así también la ganadería, infraestructura, incendios y otras causas, ha afectado en distinto grado a la conservación de los bosques (Velenzuela de Pisano, 1996; CONAP & FDN, 2015). La tasa de deforestación en Zacapa entre los años 2001-2006, fue de 1.39%, siendo la pérdida bruta de bosque de 8738 ha. A pesar del incentivo a las reforestaciones en ese mismo período se recuperaron 4402 ha. Aunque compensa en algo la perdida, no se compara con la perdida de diversidad biológica, que es incuantificable (INAB & CONAP, Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2016 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2010-2016, 2019). El trabajo de campo hecho en este estudio ha permitido conocer que en cada pequeña área de las distintas comunidades vegetales de la Sierra de las Minas se pueden encontrar especies que no había sido registradas en los inventarios previos, muchas de ellas raras, poco representadas o endémicas. Estas especies pueden ser vulnerables a cambios en el entorno.

Otros factores son las tormentas tropicales que afectan a las personas y a los bosques. El efecto del viento sobre árboles de gran tamaño como los megafanerófitos del Cerro Pinalón no se han estudiado; sin embargo, durante los recorridos al bosque enano en el municipio de Río Hondo, se pudieron ver por lo menos 20 árboles de alturas mayores a 35 metros que había sucumbido al viento generado por fuerte aguacero días antes de la visita. Las sequías que presionan a los bosques nubosos de las asociaciones *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii* y *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae*, la extracción de musgos, orquídeas, helechos arborescentes y otras especies ponen en peligro diversidad de estos ecosistemas. Los incendios forestales de la temporada 1998 causaron grandes incendios en donde históricamente no se conocían. Ese mismo año el Huracán Mitch causó inundaciones, deslizamientos y caída de árboles en toda la Sierra de las Minas. En los bosques de las zonas medias y bajas el problema vigente son los incendios forestales, cada vez más recurrentes, así como el aumento del área del cultivo de café y la extracción de madera y leña, muchas veces de forma no regulada. En los Bosques Perennifolios de Montaña las asociaciones *Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae, Querco pendulariae - Pinetum oocarpae*, son los incendios forestales y las actividades madereras las principales amenazas. La agricultura es limitada por la calidad de los suelos y los escarpes pronunciados, sin embargo, la ganadería se encuentra ligada a un ciclo anual de quemas para la obtención de pastos durante la época de lluvias. Las asociaciones de bosques caducifolios del valle y planicies, además de los procesos de antes mencionados han sido afectados por el crecimiento de cultivos de exportación especialmente el melón y las sandías. Debido a su cercanía a los sitios poblados más grande de la zona también reciben el impacto del desarrollo de proyectos inmobiliarios, comerciales y carreteras. Al mismo tiempo muchas familias dependen estos ecosistemas para abastecerse de leña. Debido a lo escarpado del terreno, el régimen de protección debido a la cobertura de la Reserva de Biosfera y la baja presencia de pueblos o aldeas aún se pueden encontrar bosques con un un bajo impacto humano.

USC UNIVERSIDADE DE COMPOSTELA

5.3. ANÁLISIS DE LA FLORA

La región de Centroamérica tiene una diversidad florística muy alta fruto de su historia biogeográfica y su ubicación entre los dos subcontinentes americanos (Véliz *et al*., 2013). La más reciente compilación de la flora vascular de Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá, estima 16,335 especies, de las cuales 5624 son restringidas para la región (Ulloa Ulloa, 2017a). En contraste México alberga en su territorio 22,969 especies, de la cuales 7,043 son compartidas con Centroamérica. Un inventario actualizado de plantas vasculares nativas de México registra 23,314 especies, distribuidas en 2,854 géneros, 297 familias y 73 órdenes. La flora incluye 1,039 especies de helechos y licofitas, 149 gimnospermas y 22,126 angiospermas. (Villaseñor, 2016).

El Catálogo Florístico contiene 387 especies de 96 familias. Como complemento a la información florística recopilada se incorporaron otras 563 especies y 50 familias, las que se seleccionaron de distintos trabajos e informes de la Sierra de las Minas o sitios adyacentes (García, 1998; Medinilla, 1999; Rosito Monzón, 1999; Vargas Ponce, 1999; Celis Barrios, 2008; Porón Valdez, 2011), en total el listado incluye 950 especies de 146 familias. El catálogo se presenta en los anexos y las 387 especies que se trabajaron en este estudio se marcan en negritas. El trabajo se organiza por familia y sigue un orden alfabético. Los nombres de las especies fueron revisadas usando la base mundial Worlflora online http://www.worldfloraonline.org/ y la Flora Mesoamericana https://www.tropicos.org/Project/FM

Así también el grupo de especies se clasificaron por su división, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24 Número de especies por División

BRYOPHYTAS	2
LICOPHYTAS	3
MONILOPHYTA	30
SPERMATOPHYTA	
GYMNOSPERMAE	14
ANGIOSPERMAE	
MAGNOLIIDS	23
EUDICOTS	877
MONOCOTS	90

Elaboración propia.

Varios especímenes no pudieron ser determinados por carecer de los caracteres necesarios para su correcta identificación. También han sido excluidas de esta lista especies solo reconocidas a nivel de familia. Para su estudio y mejor comprensión el grupo de especies se dividió en: Bosques Perennifolios de Montaña y Bosques Caducifolios del Valle y planicies.

En los Bosques Perennifolios de Montaña las familias más representadas por número de especies son: Fagaceae, Asteraceae y Ericaceae (Tabla 25). Las familias Fagaceae y Asteraceae reresentan retos importantes para la determinación, en tal sentido varias especies no pudieron ser determinadas por ser muestras incompletas o estar en etapas fenológicas no adecuadas.

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

Tabla 25. Familias más representadas en los Bosques Perennifolios de Montaña

Familia	No. especies	Familia	No. especies
Arecaceae	4	Sapindaceae	6
Bromeliaceae	4	Aquifoliaceae	7
Celastraceae	4	Primulaceae	8
Commelinaceae	4	Araliaceae	9
Dryopteridaceae	4	Orchidaceae	9
Poaceae	4	Pinaceae	10
Asparagaceae	5	Rosaceae	10
Cactaceae	5	Rubiaceae	11
Clethraceae	5	Ericaceae	12
Fabaceae	5	Fagaceae	12
Smilacaceae	5	Asteraceae	14
Symplocaceae	5	Lauraceae	14
Melastomaceae	6	Piperaceae	16

Los géneros Quercus, *Peperomia, Pinus* y *Piper* son los más frecuentes en estos bosques. En el caso de familias Piperaceae, Lauraceae y Asteraceae, son las que cuentan con mayor número de especies (Tabla 26).

Tabla 26. Géneros con más especies en los Bosques Perennifolios de Montaña

Géneros	No. Especies	Géneros	No. Especies
Cletrhra	4	*Ardisia*	6
Miconia	4	*Ilex*	7
Persea	4	*Oreopanax*	7
Vaccinium	4	*Piper*	7
Ocotea	5	*Pinus*	8
Prunus	5	*Peperomia*	9
Smilax	5	*Quercus*	12
Symplocos	5		

En la Tabla 27 se observan que la familia con mayor número de especies en el Bosque Seco Caducifolio es Fabaceae, seguida por Asteraceae y Euphorbiaceae.

Tabla 27 Familias y número de especies de los Bosques Caducifolios del Valle

Familia	Número de especie	Familia	Número de especie
Amaranthaceae	5	Acanthaceae	11
Annonaceae	5	Verbenaceae	12
Meliaceae	5	Boraginaceae	13
Sapotaceae	6	Poaceae	13
Asparagaceae	7	Orchidaceae	14
Burseraceae	7	Rubiaceae	19
Celastraceae	7	Apocynaceae	20
Moraceae	7	Bromeliaceae	21
Anacardiaceae	8	Cactaceae	23
Fagaceae	8	Malvaceae	24
Sapindaceae	8	Euphorbiacea	29
Bignoniaceae	9	Asteraceae	49

USC DE COMPOSTELA

Lamiaceae	10	Fabaceae	91
Malpighiaceae	10		

Elaboración propia.

En la Tabla 28, se puede observar que las géneros con mayor número de especies en el Bosque Seco Caducifolio es *Tillandsia* con 16 especies, seguida por *Senna* y *Euphorbia* con 10 especies cada una.

Tabla 28 Especies y géneros de los Bosques Caducifolios del Valle

Géneros	Número especies	Géneros	Número especies
Annona	4	Leucaena	5
Caesalpinia	4	Mammillaria	5
Croton	4	Cordia	6
Encyclia	4	Bursera	7
Lippia	4	Lonchocarpus	7
Sida	4	Mimosa	7
Sideroxylon	4	Acacia	8
Acalypha	5	Euphorbia	10
Agave	5	Senna	10
Cnidoscolus	5	Tillandsia	16

Elaboración propia.

5.3.1 Endemismo

A lo largo de los años se han reportado varias especies endémicas en la Sierra de las Minas (Castañeda Salguero & Ayala, 1996; Suchini & Rosales, 2003; Rosito Monzón, 2010). Originalmente fueron descritas 105 especies endémicas del valle del Motagua y la Sierra de las Minas, pero una revisión exhaustiva de la flora descrita indica que varias tienen un ámbito de distribución más amplio. En el cuadrante suroccidental se han descrito siete especies endémicas de la Sierra de las Minas. (Rosito Monzón, 2010)*: Serjania lateritia* Radlk. (Sapindaceae), *Piper punctulatum* Standl. & Steyerm. (Piperaceae), *Galactia sparsiflora* Standl. & Steyerm. (Fabaceae), *Commelina Standleyi* Steyermark in Standl. & Steyerm. (Commelinaceae), *Abutilon tridens* Standl. & Steyerm. (Malvaceae), *Pireeella falcifolia* Bartr. (Bryophyta), *Macromitrium altituberculosum* Bartr. (Bryophyta). A estas hay que agregar Acer saccharum subsp. skutchii (Rehder) A.E. endémica de México y Guatemala.

Después de la revisión de las bases de datos Tropicos https://www.tropicos.org/home y World Flora Online http://www.worldfloraonline.org/, se determinó que a la fecha solo 12 especies de 9 familias se pueden considerar endémicas exclusivamente de la Sierra de las Minas. En la Tabla 29, se muestran las especies endémicas de la Sierra de las Minas.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tabla 29. Especies endémicas de la Sierra de las Minas

Especie	Familia
Bartlettina montigena	Asteraceae
Mikania concinna	Asteraceae
Bourreria sp.	Boraginaceae
Phyllanthus minarum	Euphorbiaceae
Galactia sparsiflora	Fabaceae
*Leucaena collinsii subsp. Zacapana**	Fabaceae
Persea sessilis	Lauraceae
Piper zacapanum	Piperaceae
Piper planadosense	Piperaceae
Piper guatemalense	Piperaceae
Trisetum altum	Poaceae
Palicourea chrysocalymma	Rubiaceae

*Endémica del valle del Motagua.
Elaboración propia.

Adicionalmente otras 16 especies de 13 familias se consideran endémicas de Guatemala. En la Tabla 30, se muestran las distintas especies que solo es factible encontrar dentro del territorio guatemalteco y que también se encuentran en la Sierra de las Minas.

Tabla 30. Especies consideradas endémicas de Guatemala que se encuentran en la Sierra de las Minas.

Especie	Familia
Dicliptera guttata	Acanthaceae
Chamaedorea lehmannii	Arecaceae
Agave minarum	Asparagaceae
Chromolaena hypodictya	Asteraceae
Verbesina eperetma	Asteraceae
Berberis johnstonii	Berberidaceae
Myrtillocactus eichlamii	Cactaceae
Microtropis ilicina	Celastraceae
Microtropis illicina	Celastraceae
Tradescantia Standleyi	Commelinaceae
Miconia conohirtella	Melastomataceae
Uroskinnera spectabilis	Plantaginaceae
Hoffmannia tuerckheimii	Rubiaceae
Hoffmannia sessilifolia	Rubiaceae
Serjania lateritia	Sapindaceae
Symplocos vatteri	Symplocaceae

Elaboración propia.

5.3.2 Fitogeografía de las familias

Para esta sección se modificó la clasificación desarrollada por Medina (2016) para el análisis de origen y fitogeografía. Con el uso de otras herramientas se agregaron otras familias a esa clasificación: Cunoniaceae, Dicksoniaceae, Dilleniaceae, Elaeocarpaceae, Guamatelaceae, Hymenophyllaceae, Marantaceae, Marattiaceae, Olacaceae,

Phyllonomaceae, Picramniaceae, Plantaginaceae, Plocospermataceae, Poaceae, Proteaceae, Pterobryaceae, Staphylaceae, Taxaceae, Theaceae y Winteraceae.

Para una mejor comprensión de la distribución de las familias de plantas de este estudio, se agregaron las categorías Mesoamericanas y zonas templadas del hemisferio sur, extensión a los trópicos. Para colocar nuevas familias en cualquiera de las categorías de clasificación se utilizaron herramientas como la flora de Guatemala (Standley & Steyermark, 1946-1977), Araceae (Croat & Carslen, 2003), Convolvulaceae (Carranza, 2007; Carranza, 2008) Angiosperm Phylogeny Website, versión 14. http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html .

Con base en estos análisis el cuadro de clasificación quedó de la siguiente manera:

- **América tropical**

Bixaceae, Cecropiaceae, Moraceae, Muntingiaceae, Picramniaceae

- **Americanas**

Alstroemeriaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Krameriaceae, Magnoliaceae, Phyllonomaceae, Polemoniaceae y Schoepfiaceae

- **Principalmente americanas**

Clethraceae, Clusiaceae y Malpighiaceae.

- **Amplia distribución, pero principalmente en áreas Templadas**

Boraginaceae, Caryophyllaceae, Cruciferae (Brassicaceae), Meliaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Polygalaceae, Primulaceae, Staphylaceae y Zygophyllaceae.

- **Principalmente del Norte templado con extensiones al hemisferio sur**

Caprifoliaceae, Cornaceae, Juglandaceae, Myricaceae y Orobanchaceae y Taxaceae

- **Templadas principalmente del hemisferio norte**

Berberidaceae, Betulaceae, Fagaceae, Pinaceae, Salicaceae, Simaroubaceae, Styracaceae y Umbelliferae (Apiaceae).

- **Cosmopolita**

Apocynaceae, Aspleniaceae, Blechnaceae, Campanulaceae, Cladoniaceae, Combretaceae, Compositae (Asteraceae), Crassulaceae, Cupressaceae, Cyperaceae, Dennstaedtiaceae, Dryopteridaceae, Gentianaceae, Gramineae (Poaceae), Hymenophyllaceae, Labiatae (Lamiaceae), Fabaceae, Liliaceae, Oleaceae, Onagraceae, Orchidaceae, Oxalidaceae, Plantaginaceae, Polygonaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Selaginellaceae, Thelypteridaceae, Urticaceae

- **Cosmopolita excepto de regiones frías**

Celastraceae, Ericaceae, Passifloraceae, Phyllanthaceae, Rubiaceae y Scrophulariaceae.

- **Amplia distribución principalmente en los Trópicos**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Amaranthaceae, Anacardiaceae, Convolvulaceae, Dilleniaceae, Euphorbiaceae, Lygodiaceae, Lythraceae, Malvaceae, Nyctaginaceae, Rutaceae, Smilacaceae, Solanaceae y Vitaceae.

- **Pantropical**

Chloranthaceae, Chrysobalanaceae, Dicksoniaceae, Ebenaceae, Hernandiaceae, Lauraceae, Marantaceae, Marattiaceae Myrtaceae, Olacaceae, Phytolaccaceae, Podocarpaceae, Sapotaceae y Verbenaceae.

- **Tropicales**

Annonaceae, Araliaceae, Commelinaceae, Cucurbitaceae, Cyatheaceae, Erythroxylaceae.

- **Tropicales y Subtropicales**

Acanthaceae, Actinidiaceae, Adoxaceae, Aquifoliaceae, Araceae, Arecaceae, Asparagaceae, Begoniaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, Cannabaceae, Capparaceae, Dioscoreaceae, Loranthaceae, Melastomataceae, Portulacaceae, Sapindaceae, Symplocaceae, Theaceae y Ximeniaceae

- **Sin Clasificación**

Cytinaceae, Pentaphylacaceae, Piperaceae., Pterobryaceae y Winteraceae

- **Zonas templadas del hemisferio sur, extensión a los trópicos**

Cunoniaceae, Elaeocarpaceae, Proteaceae

- **Mesoamericanas**

Guamatelaceae, Plocospermataceae

5.3.3 Estatus de protección

De las especies encontradas en las Sierra de las Minas, 30 están protegidas por la convención CITES, la cual basa sus mecanismos en los siguientes criterios: Especies en peligro de extinción (Apéndice 1), Especies no en peligro, pero de comercio controlable (Apéndice 2) y Especies protegidas en al menos un país (Apéndice 3)

Tabla 31. Listado de especies CITES encontradas en la Sierra de las Minas

Especie en Apéndice I CITES	Familia
Abies guatemalensis	Pinaceae
Especie en Apéndice II CITES	Familia
Tillandsia xerographica	Bromeliaceae
Acanthocereus horridus	Cactaceae
Acanthocereus tetragonus	Cactaceae
Mammillaria eichlamii	Cactaceae
Melocactus curvispinus	Cactaceae
Myrtillocactus eichlamii	Cactaceae
Peniocereus hirschtianus	Cactaceae
Opuntia decumbens	Cactaceae
Nopalea lutea	Cactaceae
Hylocereus undatus	Cactaceae

Mammillaria columbiana	Cactaceae
Pachycereus lepidanthus	Cactaceae
Pilosocereus leucocephalus	Cactaceae
Selenicereus testudo	Cactaceae
Stenocereus eichlamii	Cactaceae
Stenocereus pruinosus	Cactaceae
Cyathea divergens	Cyatheaceae
Cyathea fulva	Cyatheaceae
Alsophila salvinii	Cyatheaceae
Dicksonia sellowiana	Dicksoniaceae
Brassavola nodosa	Orchidaceae
Encyclia alata	Orchidaceae
Encyclia nematocaulon	Orchidaceae
Epidendrum sobralioides	Orchidaceae
Goodyera major	Orchidaceae
Isochilus linearis	Orchidaceae
Trichocentrum cebolleta	Orchidaceae
Prosthechea cochleata	Orchidaceae
Guaiacum sanctum	Zygophyllaceae

Elaboración propia.

Por su parte el CONAP dentro sus funciones emite la LEA, que es el listado de especies amenazas de para Guatemala. En el anexo 2, se encuentran los datos de las especies amenazadas del áreas de estudio.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

USC
UNIVERSIDADE
DE SANTIAGO
DE COMPOSTELA

6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El bioclima de las Sierra de las Minas está influenciado por la humedad provenientes del mar Caribe y menor grado del océano Pacífico. Los ritmos estacionales de la zona de convergencia intertropical, las tormentas tropicales, los vientos estivales provenientes desde el norte y la presencia del Niño/Oscilación del Sur o su contraparte la Niña. Esto fenómenos tienen un fuerte impacto sobre la sequía estacional, que se exacerba con El Niño y disminuye notablemente con la Niña (Bardales *et al*., 2019). Con elevaciones superiores a 2,900 m la escarpada cara norte de la Sierra disminuye considerablemente el ingreso de humedad hacia las laderas ubicadas al sur. Por otro lado, las montañas del Meréndon y la Sierra Madre oriental hacen lo mismo con la humedad del Pacífico, provocando que el valle del Motagua sea en buena parte seco. Esta situación se puede observar en las asociaciones que se han encontrado en estudio, puesto que aquellas que contienen especies xerófilas y caducifolias se ubican en zonas bajas como el valle, mientras que, aquellas contienen especies perennifolias son favorecidas por bioclimas más frescos y húmedos de las partes medias y alta de la Sierra.

Interpretar el bioclima de la Sierra de las Minas conllevó tomar en cuenta esas las características físicas del área. También es importante notar que la ausencia de estaciones meteorológicas fue un factor limitante para obtener información bioclimática más precisa y de mejor calidad. Por ello se tuvo que recurrir a bases de datos y uso de herramientas de sistemas de información geográfica para elaborar mapas de bioclimas, ombrotipos y termotipos, básicos para responder a los objetivos de este estudio. Debido a que mucha de la información de los mapas provino de información secundaria indicadores bioclimáticos muchas veces presentan desfases con respecto a su correlación con las distintas asociaciones vegetales encontradas.

La posición geográfica de Guatemala coloca al país dentro de Macrobioclima Tropical. Los principales bioclimas encontrados para la Sierra de las Minas fueron: Tropical Xérico, Tropical Pluviestacional y Tropical pluvial. En bioclima Tropical Xérico es el que ocupa la mayor extensión del área y se encuentra principalmente en el fondo del valle, planicies, cerros bajos y las estribaciones de la Sierra a elevaciones hasta 800 m. El oeste el valle se hace más seco, debido a la mayor distancia del mar y la influencia de la Sierra. Al oeste los bioclimas Tropical Pluviestacional y Pluvial aumentan su presencia. El bioclima Tropical Pluviestacional ocupa las parte medias de la Sierra hasta 2,200 m, mientras que el Tropical Pluvial se encuentra en la cotas más altas. Es importante notar que, a partir de 1,800 m las nubes son más frecuentes ampliando significativamente el aporte de humedad (Holder, 2006).

La diagnosis bioclimática de las distintas estaciones presentaron los siguientes ombrotipos: seco, subhúmedo, húmedo e hiperhúmedo. Al igual que los bioclimas la elevación y la distancia al mar influye en los ombrotipos. El ombrotipo seco el que más área ocupa y se ubica en el fondo del valle en cotas bajas de elevación, el subhúmedo lo hace en cotas medias hasta 2,000 m, el húmedo se encuentra más alto hasta 2,500 m y el Hiperhúmedo ocupa una franja estrechas a lo largo de la cima de la Sierra. Los termotipos encontrado son el Infratropical, Termotropical, Mesotropical y Supratropical. El termotipo Infratropical ocupa el área mayor del valle, desplazándose por el valle hasta la costa del mar Caribe; en la Sierra de las Minas ocupa las cotas más bajas. El termotropical

es el segundo ombrotipo en extensión, ocupando cotas bajas en cerros y estribaciones de la Sierra. Al oeste puede ascender un a poco más de 500 m. El mesotropical ocupa las cotas medias de la Sierra hasta unos 2,220 m, mientras que el supratropical se encuentra en arriba de 2,000 m y es el termotipo que menor área ocupa.

Conforme se asciende desde el valle del Motagua a la cima de la Sierra los pisos bioclimáticos marcan el carácter seco y cálido de las cotas bajas, mientras que entre más alto se llega la humedad aumenta y la temperatura disminuye. El análisis de los diagramas ombrotérmicos de las estaciones indica la naturaleza bimodalidad de lluvia en el área. En mayo se presentan las primeras lluvias llegando a su máximo en el mes de julio. En julio también se presenta una disminución temporal de las lluvias, situación conocida como "canícula" (INSIVUMEH, 2015). A principios de agosto reinician las lluvias llegando a su pico máximo en septiembre. A finales de octubre o principios de noviembre las lluvias desaparecen coincidiendo con la llegada de viento frio del norte que ocasionalmente provoca lloviznas locales y fuertes ráfagas. La época seca y cálida en el valle tiene su mayor expresión en abril.

La época seca conlleva la defoliación de muchas de las especies del valle y de las cotas más bajas, mientras una mayor humedad y menor temperatura hace que las especies ubicadas en cotas medias y altas sean en su mayoría perennifolias. En tal sentido para el estudio de la vegetación se tomaron estos caracteres fenológicos para hacer una primera división, a saber: Bosques perennifolios de montaña y bosques caducifolios del valle y planicies. Con información colectada en campo, apreciaciones personales y el apoyo de programas informáticos se lograron identificar preliminarmente cinco asociaciones, para los bosques perennifolios de montaña, siendo estas: *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii*; *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae; Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae; Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae y Querco penducullariae - Pinetum oocarpae.*

Haciendo un recorrido desde las partes más altas de la Sierra hacia el fondo del valle, nos encontramos que las primeras asociaciones forman parte de los bosques nubosos caracterizados además de su especies arbóreas, arbustivas, liana y herbáceas por la abundancia de helechos, musgos, selaginellas y otros especies que se adhieren a los árboles, rocas o en suelo. Los bosques nubosos son categorías difíciles de definir por varios factores: "*Inconsistencia en la diferenciación y clasificación de las comunidades vegetales, Inconsistencia en la denominación de las unidades de vegetación, categorías insuficientes y a menudo no bien delimitadas, criterios subjetivos para clasificar y denominar las comunidades vegetales y mezcla de diferentes sistemas de clasificación y denominación, lo que da lugar a confusiones*" (Gual-Díaz & González-Medrano, 2014). Consisten en bosques mixtos con mayor presencia de árboles latifolidos en condiciones mesotermales y húmedas (Jardel-Peláez *et al*., 2014). Dependiendo de la región estos bosque pueden presentarse en elevaciones variables, desde cotas bajas cercanas a 500 m hasta 2300 m.

USC

La primera asociación es una propuesta que se denomina *Oreopano steyermarkii - Pinetum pseudostrobii,* son macrobosques con árboles de gran porte, ocupa la zonas más altas y frías de la Sierra, se caracteriza por la presencia de gimnospermas como *Abies guatemalensis, Cupressus lusitanica, Pinus pseudostrobus, Pinus ayacahuite y Taxus globosa, acompañadas de otras especies angiospermas como Oreopanax langlassei y*

Oreopanax steyermarkii, entre otros. Estas asociaciones son reconocidas en Guatemala como bosques de coníferas. En zonas ventosas y expuestas tienden a formar bosque enanos. Se ubican en el bioclima tropical pluvial, ombrotipo hiperhúmedo y termotipo supratropical, en México los bosques de *Abies religiosa* que comparten similitudes florísticas se encuentran en el bioclima tropical pluviestacional que es una clara diferencia con la situación en Sierra de las Minas, sin embargo, el termotipo que es supratropical y ombroclimas húmedo a hiperhúmedo (Giménez de Azcárate & Ramírez, 2004) son similares. Islebe *et al.,* (1995) describen una asociación muy parecida a esta en la Sierra de los Cuchumatanes. Indican la presencia de gimnospermas de cuatro familias: pinaceae, cupresaceae, podocarpaceae y taxaceae, acompañadas de otras familias de angiospermas como agavaceae, poaceae y ericaceae. Esta familias también están representadas en la Sierra de las Minas, existiendo pocas diferencias en la composición florística. En los Chuchumatánes se encuentran las especies *Juniperus standleyii* y *Pinus hartweguii*, que no se encuentra en la Sierra de las Minas. Sin embargo, a pesar de las similitudes climáticas, edáficas y florísticas en Sierra de los Chuchumatánes la cota más alta es de 3,837 m en la cumbre de Chemal y una mayor área con cotas arriba de 3,000 m. En Sierra de las Minas elevaciones de 3,000 m solo se pueden observar en el Cerro Raxón. Estas asociaciones comparten también similitudes con los bosques de coníferas y oyameles que se encuentra en las montañas de México *(*Miranda & Hernández, 1963; Islebe, *et al*., 1994; Islebe, *et al.,* 1995; Rzedowski, 2006; Medina, 2016). Un aspecto importante para la designación es que hace falta ampliar las áreas de trabajo tanto en Sierra de las Minas como en otros sitios para poder comparar de mejor manera las relaciones de esta comunidad con otras.

En cotas menores se encuentra la asociación propuesta como *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae,* que muy diversa y rica en especies vegetales. En Sierra de las minas ocupa una extensión aproximada de 600 km2, siendo el bosque continuo de este tipo más grande Guatemala (CONAP & FDN, 2015). Presenta especies propias de bosques nubosos o bosque mesófilos de montaña. Contiene especies como *Quercus aff. Ocoteifolia, Podocarpus oleifolius, Vaccinium poasanum* y *Alsophila salvinii,* también predominan helechos arborescente, musgos y epífitas. También son macrobosques muy cerrados y son muy importante para la regulación del ciclo hidrológico (Holder, 2004; Holder, 2006; Rosito Monzón, 2010). Esta asociación se encuentra en un bioclima tropical pluvial, con ombrotipo Hiperhúmedo y termotipos Supratropical y Mesotropical. Debido a lo difícil de acceder a los de colecta no fue posible hacer más inventarios de este tipo de asociación. Existen distintos estudios puntuales sobre los bosques nubosos de la Sierra de las Minas, en donde se describen tanto la flora como la vegetación. Los distintos materiales geológicos, la exposición y la posición con respecto a la entra de humedad, especialmente del mar Caribe son descritos como fuente de variación de la vegetación de esta asociación (Campbell J. , 1982; Méndez Hernández, Coronado, & Villar Anleu, 1993; García, 1998; Rosito Monzón, 1999; Vargas Ponce, 1999; Medinilla, 1999).

Los bosque mixtos mesoamericanos son reconocidos por la diversidad de distintas especies de pinos, roble y encinos del género *Quercus.* Tienen mucha importancia ecológicas debido a la combinación de especies del neotrópico y el neártico. Así también representan una fuente de ingresos económicos en todos los países en donde se encuentran (Miranda & Hernández, 1963; Rzedowski, 2006; Galindo Jaimes, 2013). En la Sierra de las Minas ocupan las cotas medias y bajas, siendo más abundantes en la ladera sur que al

norte (Medinilla, 1999). En este estudio se delimitaron dos asociaciones la primera es *Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae* y la segunda *Querco penducullariae - Pinetum oocarpae.*

Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae ass nova prov., es una asociación ubicada en cotas medias de la Sierra, se caracteriza por una mayor presencia de pinos y especies de género *Quercus.* Es menos diverso que *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae ass nova prov.,* sin embargo, el suelo presenta helechos, musgos y epífitas. También recibe aportes adicionales de humedad por parte de las nubes. Las especies representativas son: *Quercus sapotifolia, Liquidambar stiraciflua, Pinus oocarpa, Quercus peduncularis* y *Pinus maximinoi*. También se encuentra en el bioclima Tropical Pluviestacional, con ombrotipo Húmedo y Termotipo Mesotropical. Debido a la alta presencia de especies maderables las actividades forestales han dejado su impronta en esta comunidad, así también los incendios forestales y las actividades agropecuarias.

Querco penducullariae - Pinetum oocarpae ass nova prov., es otra asociación con dominancia de pinos y Quercus. Se ubica en cotas más bajas, en donde el clima es más seco y cálido. Las especies más frecuentes *son Pinus oocarpa, Quercus peduncularis, Quercus aff segoviensis, Quercus purulhana, Arctostaphylos oaxacana, Rhus terebinthifolia y Rhus vestita*. Los incendios forestales, actividades madereras, la agricultura y la ganadería son factores que tienen gran influencia sobre la asociación. Son mesobosques que pueden llegar a tener árboles de 18 m o más. En contacto con esta asociación se encuentra *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae* ass nova prov., que es una asociación del ecotono con los bosques caducifolios del valle y planicies.

Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae ass nova prov., es una asociación sabanoide en donde predominan diversas especies de poáceas especialmente *Hyparrenia rufa*. Dispersas en estas sabanas o formando bosquecillos se encuentra especies como *Curatella americana, Byrsonima cinerea, Lysiloma acapulcense* y *Pinus oocarpa.* Esta comunidad ha sido descrita en por varios autores (Miranda & Hernández, 1963; Rzedowski, Vegetación de México, 2006) y aunque no se describe como una asociación Standley y Steyermark (1958). recalcan que especies componentes de comunidad *Byrsonima crassifolia* (actualmente *B. cinarea*) y *Curatella americana* pueden tener un amplia distribución.

Luego del ecotono se pueden encontrar en sitios de menor altitud las asociaciones del bosque caducifolio del valle y las planicies. Una de estas asociaciones es *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. typicum ass. nova* y dos variantes. Los bosques con Bucida macrostachya son microbosques, cerrados e importantes ecológica y económicamente en el área. Provee de leña, madera, regula la erosión y es refugio para diversas especies. La asociación se ubica al centro y este del valle y la Sierra forma bosques continuos, muchas veces muy bien conservados. Son diversos y presentan estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo, lianas y epífitas. Presenta especies como *Bucida macrostachya, Guettarda deamii, Cardiospermum halicacabum, Leucaena trichandra*, así como varias especies de cactáceas, fabáceas y asteráceas.

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Guaico sancti - Caesalpinetum velutinae, es una asociación con diferentes grados de disturbio, representada por microbosques abiertos y semiabiertos, excepto en áreas resguardas como roquedos y sitios con poco acceso, en donde tienden a ser bosques

cerrados. Se ubica en el valle en colinas bajas, principalmente hacia el este. Presenta especies como *Caesalpinia velutina, Pilosocereus leucocephalus, Guaiacum sanctum* que es una especie emblemática para las poblaciones locales por la dureza de su madera y por sus flores de color azul-morado. También se le atribuyen propiedades medicinales (Castañeda Salguero & Ayala, 1996; Castañeda Salguero, 2004). *Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae,* se ubica en cerros bajos, ventosos y con suelo pobres. Son microbosques abiertos o semicerrados, aunque a veces se pueden presentar como arbustedas, pastizales y bosques muy abiertos. Aunque debido a las condiciones agroecológicas no presentan muchos impactos antrópicos, suelen presentarse en diversas etapas de sucesión ecológica con predominio de especies secundarias como *Haematoxylum brasiletto*. Las especies prodominantes son *Tonduzia stenophylla, Bursera schlechtendalii* y *Bursera simaruba. Tonduzia stenophylla* puede formar bosques cerrados en sitios con poco acceso de ganado o leñadores. El bioclima en donde se le encuentra es el tropical xérico en los termotipos termotropical e infratropical. El ombrotipo es seco.

Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae es una de las asociaciones con mayor alteración derivado, tiene un carácter secundario predominando bosques abiertos, arbustedas y pastizales. *Haematoxylum brasiletto, Bonellia macrocarpa, Bursera simaruba, Cardiospermum halicacabum, Caesalpinia velutina* y *Bursera excelsa*. Se encuentra en el bioclima tropical xérico con termotipo infratropical y ombrotipo seco. *Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae, formado por Lysiloma divaricata y Bursera simaruba,* también es una asociación con diferentes grados de alteración antrópica. Aunque en sitios de poco acceso pueden tener coberturas mayores. Son microbosques que pueden situarse en sitios con mayor elevación en donde pueden acompañar a las asociaciones *Curatello americanae - Byrsonimetum cinereae* y *Querco sapotifoliae - Pinetum maximinae.* Se ubican en bioclima tropical xérico, con ombrotipo seco y termotipo Infratropical.

La flora a través del área de estudio es muy variada. A lo largo del estudio se colectaron y determinaron 387 especies de 96 familias. Se colectaron y herborizaron muchas más especies que debido a diversos factores como la fenología no fue posible determinarlas. Sin embargo, para completar el catálogo se incorporaron a la lista 563 especies y 50 familias de otros estudios realizados en la zona. En total 950 especies y 146 familias representadas en la Sierra de las Minas. Este dato es similar al que plantea Rosito (2010), para distintos sitios de la Sierra que hacen un aproximado de 900 especies, aunque esto es para todo el macizo montañoso. En tal sentido el estimado realizado en este trabajo refleja una mayor concentración de especies en el cuadrante suroccidental y el valle del Motagua. Así también cabe mencionar que el número de familias es alto comparado con otras estimaciones llegando a 146 como se indicó anteriormente. El aporte que ahora se hacer a la diversidad florística es sustancial tanto en especies como en número de familias. La flora endémica de Guatemala se consideraba que equivalía al 35% de las especies reportadas para Guatemala (Standley & Steyermark, 1946-1977). Suchini *et al.* (2003) dan cuenta de 77 especies endémicas para la Sierra de las Minas, Veliz *et al.* (2003), reporta 21 especies para los bosques caducifolios de la Sierra de las Minas y Rosito (2010), propone 105, para la Sierra de las Minas, muchas de ellas consideradas por los otros autores. Sin embargo, al hacer la revisión en la Flora Mesoamericana y la base de datos World Flora Online el estimado bajó considerablemente a 12 especies endémicas

de la Sierra de las Minas y 26 que tienen un rango más amplio, pero solo se circunscriben a Guatemala.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

7 CONCLUSIONES

La Sierra de las Minas es un complejo montañoso que presenta una variación altitudinal muy pronunciada, geología variada, ubicación geográfica e historia natural que ha influido en su bioclima y sus formaciones vegetales. El resultado de los análisis de la vegetación, la flora y el bioclima permiten interpretar objetivamente las relaciones existentes entre estas variables. Desde el fondo cálido y seco del valle del motagua hasta el frío y húmedo clima de las cimas de la Sierra, existe una serie de pisos de vegetación y bioclima que se suceden uno atrás de otro formando una catena de diferentes asociaciones de vegetación. Los análisis de PCA y CCA, permiten agrupar las distintas asociaciones a lo largo de ese gradiente altitudinal, que se expresa en índices de precipitación (ombrotipos) y de temperatura (termotipos). Las diagnosis realizadas ya sea con estaciones reales o por medio de algoritmos de computación, indican que en la Sierra de las Minas se encuentran las siguientes categorías bioclimáticas: un Macrobioclima Tropical, con los bioclimas: Tropical Xérico, Tropical Pluviestacional, Tropical Pluvial. Los termotipos presentes son: Infratropical, Termotropical, Mesotropical, Supratropical, mientras que los ombrotipos son: Seco, Subhúmedo, Húmedo e Hiperhúmedo. Al relacionar los distintos bioclimas, los termotipos y ombrotipos, se obtuvieron los siguientes isobioclimas: Tropical Xérico (Tr Xe) Infratropical Seco, Tr Xe Termotropical Seco, Tropical Pluviestacional (Tr Pe) Infratropical Subhúmedo, Tr Pe Termotropical Subhúmedo, Tr Pe Mesotropical Subhúmedo, Tr Pe Mesotropical Húmedo, Tropical Pluvial (Tr Pl) Mesotropical Hiperhúmedo y Tr Pl Supratropical Hiperhúmedo.

El análisis fitosociológico permitió reconocer 10 asociaciones. Para mejor comprensión las asociaciones se agruparon dentro de dos categorías: Bosques perennifolios de montaña y bosques caducifolios del valle y planicies. Los perennifolios se ubican desde 500 m de elevación hasta la cimas más altas de la Sierra y los caducifolios que se encuentran en el valle del río Motagua. A partir de ello se determinaron cinco asociaciones en los bosques perennifolios *1) Oreopano steyermarkii – Pinetum pseudostrobii ass. nova prov,3) Querco sapotifoliae – Pinetum maximinae ass. nova prov.; 4) Querco penducullariae Pinetum oocarpae ass. nova prov; 4) Curatello americanae – Byrsonimetum cinereae ass. nova prov.* Así como cinco de los bosques caducifolios: a) *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. typicum ass. nova prov., b) Bursero schlechtendalii - Tonduzietum stenophyllae ass. nova prov. c) Cardiospermo halicacabi -Haematoxylumetum brasilettae y Bursero simarubae - Lysilometum divaricatae y d) Guaico sanctum -Caesalpinetum velutine.* Así también dos asociaciones variantes de la asociación *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae:* var. *Leucaena trichandra* y *var. Bonellia macrocarpe.*

Se comprobó que existe una correlación entre las asociaciones y los diferentes isobioclimas. Sin embargo, hay que indicar que en las asociaciones de los bosques caducifolios del valle y planicies los isobioclimas se traslapan. Esto es probable que se deba a que varias asociaciones son estadios sucesionales de otras. Las relaciones entre el bioclima y los pisos de vegetación en la Sierra de las Minas se indican a continuación:

- *Oreopano steyermarkii-Pinetum pseudostrobii ass nova prov.*
    - Tropical pluvial Supratropical Superior-Hiperhúmedo Inferior
- *Podocarpo oleifoliae-Quercetum ocoteifoliae ass nova prov.*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

  - Tropical pluvial, Supratropical Superior-Hiperhúmedo Inferior
  - Tropical pluvial, Supratropical Inferior -Hiperhúmedo Inferior
  - Tropical Pluvial, Mesotropical Superior-Hiperhúmedo Inferior
- *Querco sapotifoliae-Pinetum maximinae ass nova prov.*
  - Tropical pluviestacional, Mesotropical Superior-Húmedo Superior.
  - Tropical pluviestacional, Mesotropical Superior-Húmedo Inferior
  - Tropical pluviestacional, Mesotropical Inferior-Húmedo Inferior
- *Querco pendulariae-Pinetum oocarpae ass nova prov.*
  - Tropical pluviestacional, Termotropical, Superior–Húmedo Inferior
  - Tropical pluviestacional, Termotropical, Superior–Suhúmedo Inferior
- *Curatello americanae-Byrsonimetum cinereae ass nova prov.*
  - Tropical Pluviestacional, Termotropical Inferior-Subhúmedo Inferior
  - Tropical Pluviestacional, Termotropical Superior-Seco Superior
- *Cardiospermo halicacabi - Bucidetum macrostachyae var. typicum ass. nova prov.*
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Superior
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Inferior
- *Tonduzio stenophyllae - Burseretum schlechtendalii ass nova prov.*
  - Tropical Xérico, Termotropical Inferior-Seco Superior
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Inferior
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Inferior
- *Cardiospermo halicacabi - Haematoxyletum brasilettae ass nova prov*
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Superior
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Inferior
- *Bursero simarubae -Lysilometum divaricatae ass nova prov*
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Superior
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Inferior
- *Guaiaco sancti - Caesalpinetum velutinae ass nova prov*
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Superior
  - Tropical Xérico, Infratropical Superior-Seco Inferior

Se colectaron determinaron 372 especies que representan 99 familias de plantas. Sin embargo, para poder tener una mejor idea de la riqueza florística de la Sierra de las Minas se agregaron 563 especies de producto de otros trabajos desarrollados en el área lo que suman 935 especies. Se excluyeron de este listado los especímenes que no fue posible determinar o que solo se conocía la familia.

8 ANEXOS

ANEXO1. CATÁLOGO FLORÍSTICO

En catalogo presenta todas las especies agrupadas por división. En cada división las familias se agrupan en orden alfabético y al igual que cada especies en su respectiva familia. Las especies marcadas en negritas son aquellas fueron identificadas y/o colectadas en estudio o en trabajos participados por el autor. El resto de las especies sin resaltar fueron tomadas de otros trabajos y bases de datos de la zona (Méndez *et al.*, 1993; Castañeda Salguero & Ayala, 1996; García, 1998; Rosito Monzón, 1999; Vargas Ponce, 1999; Suchini & Rosales, 2003; Véliz *et al.,* 2003; Castañeda, 2004; Celis Barrios, 2008; Porón Valdez, 2011)

BRYOPHYTAS	
Nombre Científico	Familia
***Macromitrium carionis* Müll. Hal.**	**Orthotrichaceae**
***Pireella falcifolia* E.B. Bartram**	**Pterobryaceae**

LICOPHYTAS	
Nombre Científico	Familia
Selaginella sp	**Selaginellaceae**
***Selaginella pallescens* (C. Presl) Spring**	**Selaginellaceae**
Selaginella delicatissima Linden ex A. Braun.	Selaginellaceae

MONILOPHYTA

Nombre Científico	Familia
***Asplenium serratum* L**	**Aspleniaceae**
Blechnum sp	**Blechnaceae**
Alsophila salvinii Hook	**Cyatheaceae**
***Cyathea divergens var. tuerckheimii* (Maxon) R.M. Tryon**	**Cyatheaceae**
***Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée**	**Cyatheaceae**
***Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn**	**Dennstaedtiaceae**
***Pteridium aquilinum var. feei* (W. Schaffn. ex Fée) Maxon**	**Dennstaedtiaceae**
***Dicksonia sellowiana* Hook.**	**Dicksoniaceae**
Dryopteris sp.	**Dryopteridaceae**
***Elaphoglossum aff. revolutum* (Liebm.) T. Moore**	**Dryopteridaceae**
***Elaphoglossum revolutum* (Liebm.) Moore**	**Dryopteridaceae**

USC DE COMPOSTELA

Elaphoglossum sp.	**Dryopteridaceae**
Hymenophyllum sp	**Hymenophyllaceae**
***Lygodium venustum* Sw.**	**Lygodiaceae**
***Marattia excavata* Underw.**	**Marattiaceae**
***Campyloneurum tenuipes* Maxon**	**Polypodiaceae**
Polypodium sp	**Polypodiaceae**
***Adiantum andicola* Liebm**	**Pteridaceae**
Adiantum sp	Pteridaceae
Adiantum deflectens Mart.	Pteridaceae
Doryopteris concolor (Langsd. & Fisch.) Kuhn	Pteridaceae
Pteris sp.	**Pteridaceae**
Cheilanthes sp.	**Pteridaceae**
Thelypteris sp.	**Thelypteridaceae**
GIMNOSPERMAE	
***Cupressus lusitanica* Mill.**	**Cupressaceae**
***Juniperus comitana* Martínez**	**Cupressaceae**
***Abies guatemalensis* Rehder**	**Pinaceae**
***Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl.**	**Pinaceae**
***Pinus hartwegii* Lindl.**	**Pinaceae**
***Pinus maximinoi* H.E.Moore**	**Pinaceae**
***Pinus oocarpa* Schiede**	**Pinaceae**
***Pinus pseudostrobus* Lindl.**	**Pinaceae**
***Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf ex Eguiluz & J.P.Perry**	**Pinaceae**
***Pinus caribaea var. hondurensis* (Sénécl.) W.H.Barrett & Golfari**	Pinaceae
***Taxus globosa* Schltdl.**	**Taxaceae**
ANGIOSPERMAE	
DICOTILEDÓNEAS	
Aphelandra scabra (Vahl) Sm.	Acanthaceae
***Blechum pyramidatum* (Lamb.) Urb.**	**Acanthaceae**
Dicliptera guttata Standl. & Leonard	Acanthaceae
Henrya insularis Nees	Acanthaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Justicia soliana Standl.	Acanthaceae
***Ruellia inundata* Kunth**	**Acanthaceae**
***Tetramerium nervosum* Nees**	**Acanthaceae**
Chileranthemum pyramidatum (Lindau) T.F.Daniel	Acanthaceea
Dicliptera sp.	Acanthaceea
Poikilacanthus sp.	Acanthaceea
Ruellia sp.	**Acanthaceea**
Saurauia sp.	**Actinidaceae**
***Saurauia oreophila* Hemsl.**	**Actinidiaceae**
Saurauia villosa DC.	Actinidiaceae
***Viburnum hartwegii* Benth.**	**Adoxaceae**
Viburnum jucundum C.V.Morton	Adoxaceae
***Liquidambar styraciflua* L.**	**Altingiaceae**
Amaranthus spinosus L.	Amaranthaceae
Celosia virgata Jacq.	Amaranthaceae
Gomphrena sp.	Amaranthaceae
Iresine diffusa Humb. & Bonpl. ex Willd.	Amaranthaceae
Iresine sp.	Amaranthaceae
***Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Standl.**	**Anacardiaceae**
Mangifera indica L.	Anacardiaceae
Pistacia mexicana Kunth.	Anacardiaceae
***Rhus terebinthifolia* Schltdl. & Cham.**	**Anacardiaceae**
***Rhus vestita* Loes.**	**Anacardiaceae**
***Spondias mombin* L.**	**Anacardiaceae**
***Spondias purpurea* L.**	**Anacardiaceae**
Tapirira mexicana Marchand	Anacardiaceae
***Annona reticulata* L.**	**Annonaceae**
Annona sp.	**Annonaceae**
***Annona squamosa* L.**	**Annonaceae**
Sapranthus violaceus (Dunal) Saff.	Annonaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Arracacia aff donnell-smithii* J.M.Coult. & Rose**	**Apiaceae**
Asclepias curassavica L.	Apocynaceae
Calotropis procera (Aiton) Dryand.	Apocynaceae
***Cascabela ovata* (Cav.) Lippold**	**Apocynaceae**
Dictyanthus asper (Mill.) W.D. Stevens	Apocynaceae
Dictyanthus parviflorus Hemsl.	Apocynaceae
Gonolobus sp.	Apocynaceae
***Haplophyton cimicidum* A.DC.**	**Apocynaceae**
Macroscepis pleistantha Donn.Sm.	Apocynaceae
Marsdenia trivirgulata Bartlett	Apocynaceae
***Plumeria rubra* L.**	**Apocynaceae**
***Polystemma viridiflora* Decne.**	**Apocynaceae**
Rauvolfia ligustrina Willd. ex Roem. & Schult.	Apocynaceae
Rauvolfia sp.	Apocynaceae
***Rauvolfia tetraphylla* L.**	**Apocynaceae**
Stemmadenia sp.	**Apocynaceae**
***Stemmadenia obovata* (Hook. & Arn.) Schum.**	**Apocynaceae**
Stemmadenia obovata var. mollis (Benth.) Woodson	Apocynaceae
Tabernaemontana amygdalifolia Jacq.	Apocynaceae
***Tabernaemontana crysocarpa* S.F. Blake**	**Apocynaceae**
***Tonduzia stenophylla* (Donn.Sm.) Pittier**	**Apocynaceae**
Ilex sp.	Aquifoliacaea
Ilex belizensis Lundell	Aquifoliaceae
***Ilex brandegeeana* Loes**	**Aquifoliaceae**
Ilex discolor Hemsl.	Aquifoliaceae
Ilex discolor var. tolucana (Hemsl.) Edwin ex J.Linares	Aquifoliaceae
Ilex liebmannii Standl.	Aquifoliaceae
***Ilex quercetorum* I.M.Johnst.**	**Aquifoliaceae**
***Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.**	**Araliaceae**
***Dendropanax oliganthus* (A.C.Sm.) A.C.Sm.**	**Araliaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Hydrocotyle mexicana* Schltdl. & Cham.**	**Araliaceae**
***Oreopanax aff capitatus* (Jacq.) Decne. & Planch**	**Araliaceae**
***Oreopanax capitatus* (Jacq.) Decne. & Planch.**	**Araliaceae**
***Oreopanax echinops* (Schltdl. & Cham.) Decne. & Planch.**	**Araliaceae**
***Oreopanax langlassei* Standl.**	**Araliaceae**
***Oreopanax liebmannii* Marchal**	**Araliaceae**
***Oreopanax peltatus* Linden ex Regel**	**Araliaceae**
Oreopanax sp.	Araliaceae
***Oreopanax steyermarkii* A. C. Smith**	**Araliaceae**
***Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne. & Planch.**	**Araliaceae**
Acourtia nudicaulis (A.Gray) B.L.Turner	Asteraceae
***Ageratina altissima* (L.) R.M.King & H.Rob.**	**Asteraceae**
Ageratina ovilla (Standl. & Steyerm.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Ageratina sp.	**Asteraceae**
***Ageratum conyzoides* Hieron**	**Asteraceae**
Ageratum corymbosum Zuccagni ex Pers.	Asteraceae
Ageratum sp.	**Asteraceae**
***Baccharis vaccinioides* Kunth**	**Asteraceae**
***Bartlettina luxii* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.**	**Asteraceae**
Bartlettina montigena (Standl. & Steyerm.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Bidens sp.	*Asteraceae*
Bidens squarrosa Kunth	Asteraceae
Brickellia kellermanii Greenm.	Asteraceae
Calea jamaicensis (L.) L.	Asteraceae
Calea pringlei B.L. Rob.	Asteraceae
Calea zacatechichi Schltdl.	Asteraceae
***Chaptalia nutans* (L.) Polák**	**Asteraceae**
Chromolaena collina (DC.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Chromolaena glaberrima (DC.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Chromolaena hypodictya (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Chromolaena sp.	Asteraceae
Condylidium iresinoides (Kunth) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Critonia sexangularis (Klatt) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Eupathorium sp.	**Asteraceae**
***Gnaphalium roseum* (ex H.B.K.) Kunth**	**Asteraceae**
Hieracium gronovii Willd ex L.	Asteraceae
Isocarpha sp.	Asteraceae
***Isocarpha oppositifolia* (L.) Cass.**	**Asteraceae**
Lagascea helianthifolia Kunth.	Asteraceae
Lasianthaea fruticosa (L.) K.M. Becker	Asteraceae
Liabum sp.	Asteraceae
Melampodium longifolium Cerv. ex Cav.	Asteraceae
Melanthera nivea (L.) Small	Asteraceae
***Mikania aff cordifolia* (L.f.) Willd.**	**Asteraceae**
Mikania concinna Standl. & Steyerm.	Asteraceae
Mikania sp.	**Asteraceae**
Montanoa sp.	Asteraceae
Montanoa tomentosa Cerv.	Asteraceae
Neuralaena lobata L.	Asteraceae
Otopappus curviflorus (R.Br.) Hemsl.	Asteraceae
Pachythamnus crassirameus (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae
Pluchea odorata (L.) Cass.	Asteraceae
Porophyllum ruderale (Jacq.) Cass.	Asteraceae
Pseudognaphalium greenmannii (S.F.Blake) Anderb.	Asteraceae
Pseudognaphalium semiamplexicaule (DC.) Anderb.	Asteraceae
Roldana heterogama H.Rob. & Brettell	Asteraceae
***Roldana petasioides* (Greenm.) H.Rob.**	**Asteraceae**
Roldana sp.	**Asteraceae**
Salmea scandens (L.) DC.	Asteraceae
Sclerocarpus phyllocephalus S.F.Blake	Asteraceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Sclerocarpus uniserialis (Hook.) Benth. & Hook.f. ex Hemsl.	Asteraceae
Senecio callosus Sch.Bip.	Asteraceae
Senecio deppeanus Hemsl.	Asteraceae
Senecio sp.	**Asteraceae**
Simsia sp.	**Asteraceae**
Stevia triflora DC.	Asteraceae
Tridax procumbens (L.) L.	Asteraceae
Trixis inula Crantz	Asteraceae
Verbecina sp.	**Asteraceae**
Verbesina eperetma S.F.Blake	Asteraceae
Verbesina guatemalensis B.L.Rob. & Greenm.	Asteraceae
Verbesina minarum Standl. & Steyerm.	Asteraceae
Vernonanthura deppeana (Less.) H.Rob.	Asteraceae
Vernonia patens Kunth.	Asteraceae
Vernonia sp.	**Asteraceae**
Viguiera dentata (Cav.) Spreng.	Asteraceae
Wedelia acapulcensis Kunth	Asteraceae
Zexmenia sp.	Asteraceae
Begonia sp.	**Begoniaceae**
Berberis johnstonii Standl. & Steyerm.	Berberidaceae
Carpinus tropicalis (Donn.Sm.) Lundell	Betulaceae
***Ostrya virginiana* (Mill.) K.Koch**	**Betulaceae**
Ostrya virginiana subsp. guatemalensis (H.J.P.Winkl.) A.E.Murray	Betulaceae
***Crescentia alata* Kunth**	**Bignoniaceae**
***Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose**	**Bignoniaceae**
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae
Roseodendron sp.	Bignoniaceae
Tabebuia rosea (Bertol.) Bertero ex A.DC.	Bignoniaceae
Tebebuia sp.	Bignoniaceae
***Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth**	**Bignoniaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Cochlospermum vitifolium* (Willd.) Spreng.**	**Bixaceae**
Bourreria sp.	**Boraginaceae**
Cordia alba (Jacq.) Roem. & Schult.	Boraginaceae
***Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken**	**Boraginaceae**
Cordia gerascanthus L.	Boraginaceae
Cordia inermis (Mill.) I.M.Johnst.	Boraginaceae
***Cordia truncatifolia* Bartlett**	**Boraginaceae**
Cordia curassavica (Jacq.) Roem. & Schult.	Boraginaceae
Euploca ternata (Vahl) J.I.M.Melo & Semir	Boraginaceae
Euploca fruticosa (L.) J.I.M.Melo & Semir	Boraginaceae
Heliotropium angiospermum Murray	Boraginaceae
Heliotropium fallax I.M. Johnst.	Boraginaceae
Heliotropium rufipilum (Benth.) I.M.Johnst.	Boraginaceae
***Lennoa madreporoides* Lex.**	**Boraginaceae**
Tournefortia acutifolia Willd.	Boraginaceae
Tournefortia bicolor Sw.	Boraginaceae
Brunellia mexicana Standl.	Brunelliaceae
***Bursera bipinnata* (Moc. & Sessé ex DC.) Engl.**	**Burseraceae**
***Bursera excelsa* (Kunth) Engl.**	**Burseraceae**
***Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch.**	**Burseraceae**
***Bursera heteresthes* Bullock**	**Burseraceae**
***Bursera permollis* Standl. & Steyerm.**	**Burseraceae**
***Bursera schlechtendalii* Engl.**	**Burseraceae**
***Bursera simaruba* (L.) Sarg.**	**Burseraceae**
Bursera sp.	**Burseraceae**
Acanthocereus horridus Britton & Rose	Cactaceae
Acanthocereus tetragonus (L.) Hummelinck	Cactaceae
***Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose**	**Cactaceae**
***Mammillaria voburnensis subsp. collinsii* (Britton & Rose) U. Guzmán**	**Cactaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Mammillaria columbiana Salm-Dyck	Cactaceae
Mammillaria columbiana subsp. yucatanensis (Britton & Rose) D.R. Hunt	Cactaceae
***Mammillaria eichlamii* Quehl**	**Cactaceae**
***Mammillaria eriacantha* Link & Otto ex Pfeiff.**	**Cactaceae**
***Mammillaria karwinskiana* Mart**	**Cactaceae**
Marshallocereus eichlamii (Britt. & Rose) Arias	Cactaceae
***Melocactus curvispinus* Pfeiff**	**Cactaceae**
***Myrtillocactus eichlamii* Britton & Rose**	**Cactaceae**
Nopalea cochenillifera (L.) Salm-Dyck	Cactaceae
***Nopalea guatemalensis* Roze**	**Cactaceae**
Nopalea lutea Rose	Cactaceae
***Opuntia decumbens* Salm-Dyck**	**Cactaceae**
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	Cactaceae
***Opuntia guatemalensis* Britton & Rose**	**Cactaceae**
***Pachycereus lepidanthus* (Eichlam) Britton & Rose**	**Cactaceae**
***Peniocereus hirschtianus* (K.Schum.) D.R.Hunt**	**Cactaceae**
***Pereskia lychnidiflora* DC.**	**Cactaceae**
***Pilosocereus leucocephalus* (Poselger) Byles & G.D. Rowley**	**Cactaceae**
Selenicereus testudo (Karw. ex Zucc.) Buxb.	Cactaceae
***Stenocereus eichlamii* (Britton & Rose) Buxb. ex Bravo**	**Cactaceae**
***Stenocereus pruinosus* (Otto ex Pfeiff.) Buxb.**	**Cactaceae**
***Caesalpinia eriostachys* Benth.**	**Caesalpinacea**
***Caesalpinia exostemma* DC.**	**Caesalpinacea**
Lobelia laxiflora Kunth	Campanulaceae
Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg.	Cannabaceae
Lozanella enantiophylla (Donn.Sm.) Killip & C.V.Morton	Cannabaceae
***Trema micrantha* (L.) Blume**	**Cannabaceae**
Quadrella incana (Kunth) Iltis & Cornejo	Capparaceae
Valeriana aff.urticifolia Kunth	Caprifoliaceae

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Cecropia pachystachya* Trécul**	**Cecropiaceae**
Crossopetalum parviflorum (Hemsl.) Lundell	Celastraceae
Euonymus benthamii Lundell	Celastraceae
Euonymus enantiophyllus (Donn.Sm.) Lundell	Celastraceae
Gyminda tonduzii Loes.	Celastraceae
***Microtropis ilicina* Standl. & Steyerm.**	**Celastraceae**
Pristimera celastroides (Kunth) A.C.Sm.	Celastraceae
Rhacoma sp.	Celastraceae
***Semialarium mexicanum* (Miers) Mennega**	**Celastraceae**
Wimmeria cyclocarpa Radlk. ex Donn.Sm.	Celastraceae
Wimmeria sp.	Celastraceae
***Hedyosmum mexicanum* C.Cordem.**	**Chloranthaceae**
Hirtella sp.	Chrysobalanaceae
Licania arborea Seem.	Chrysolabanaceae
***Clethra mexicana* DC.**	**Clethraceae**
Clethra pachecoana Standl. & Steyerm.	Clethraceae
***Clethra suaveolens* Turcz.**	**Clethraceae**
Clethra vicentina Standl.	Clethraceae
Cletrhra sp.	Clethraceae
***Cleyera theoides* (Sw.) Choisy**	**Clethraceae**
Clusia massoniana Lundell	Clusiaceae
***Clusia Salvinii* Donn. -Sm.**	**Clusiaceae**
Clusia sp.	Clusiaceae
***Bucida macrostachya* Standl**	**Combretaceae**
***Combretum fruticosum* (Loefl.) Stuntz**	**Combretaceae**
Evolvulus sp.	Convolvulaceae
Ipomoea lutea Hemsl.	Convolvulaceae
Ipomoea murucoides Roem. & Schult.	Convolvulaceae
Ipomoea sp.	**Convolvulaceae**
***Cornus disciflora* Moc. & Sessé ex DC.**	**Cornaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Tillaea connata Ruiz & Pavo	Crassulaceae
Echinopepon racemosus (Steud.) C.Jeffrey	Cucurbitaceae
***Momordica charantia* L.**	**Cucurbitaceae**
Sicyos parviflorus Willd.	Cucurbitaceae
***Weinmannia pinnata* L.**	**Cunoniaceae**
***Weinmannia turckheimii* Engl.**	**Cunoniaceae**
***Curatella americana* L.**	**Dilleniaceae**
Diospyros acapulcensis subsp. nicaraguensis (Standl.) Provance, I. García & A.C. Sanders	Ebenaceae
Sloanea sp.	Elaeocarpaceae
***Agarista mexicana* (Hemsl.) Judd (Leucothoe mexicana)**	**Ericaceae**
***Arbutus xalapensis* Kunth**	**Ericaceae**
***Arctostaphylos oaxacana* DC**	**Ericaceae**
Bejaria aestuans Mutis ex L.	Ericaceae
Cavendishia bracteata (Ruiz & Pav. ex J.St.Hil.) Hoerold	Ericaceae
Comarostaphylis arbutoides Lindl	Ericaceae
Gaulteria sp.	**Ericaceae**
***Gaultheria erecta* Vent.**	**Ericaceae**
Macleania insignis M.Martens & Galeotti	Ericaceae
***Monotropa uniflora* L.**	**Ericaceae**
***Orthaea brachysiphon* (Sleumer) Luteyn**	**Ericaceae**
Vaccinium leucanthum Schltdl.	Ericaceae
***Vaccinium poasanum* Donn.Sm.**	**Ericaceae**
Vaccinium selerianum (Loes.) Sleumer	Ericaceae
Vaccinium sp	**Ericaceae**
***Erythroxylum rotundifolium* Lunan**	**Erytroxylaceae**
Acalypha costaricensis (Kuntze) Knobl. ex Pax & K.Hoffm.	Euphorbiaceae
Acalypha indica L.	Euphorbiaceae
Acalypha sp.	Euphorbiaceae
Acalypha pseudalopecuroides Pax & K. Hoffm.	Euphorbiaceae

USC DE COMPOSTELA

Acalypha schiedeana Schltdl.	Euphorbiaceae
***Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst.**	**Euphorbiaceae**
Cnidoscolus multilobus (Pax) I.M. Johnst.	Euphorbiaceae
***Cnidoscolus tubulosus* (Müll.Arg.) I.M. Johnst.**	**Euphorbiaceae**
***Cnidoscolus urens* (L.) Arthur**	**Euphorbiaceae**
Cnidoscolus urens var. stimulosus (Michx.) Govaerts	Euphorbiaceae
***Croton axillaris* Müll.Arg.**	**Euphorbiaceae**
Croton ciliatoglandulosus Ortega	Euphorbiaceae
Croton pagiveteris Croizat	Euphorbiaceae
Croton sp.	Euphorbiaceae
Dalechampia scandens L.	Euphorbiaceae
Dalechampia sp.	Euphorbiaceae
Ditaxis guatemalensis (Müll.Arg.) Pax & K.Hoffm.	Euphorbiaceae
Euphorbia calcarata (Schltdl.) V.W. Steinm.	Euphorbiaceae
Euphorbia ephedromorpha Bartlett ex B.L. Rob. & Bartlett	Euphorbiaceae
Euphorbia leucocephala Lotsy	Euphorbiaceae
Euphorbia oerstediana (Klotzsch & Garcke) Boiss.	Euphorbiaceae
Euphorbia pantomalaca Standl. & Steyerm.	Euphorbiaceae
Euphorbia schlechtendalii Boiss	Euphorbiaceae
Euphorbia serpens Kunth	Euphorbiaceae
***Euphorbia* sp**	**Euphorbiaceae**
***Euphorbia tithymaloides* L.**	**Euphorbiaceae**
Euphorbia cyathophora Murray	Euphorbiaceae
***Euphorbia heterophylla* L.**	**Euphorbiaceae**
Ricinus communis L.	Euphorbiaceae
***Acacia deamii* (Britton & Rose)**	**Fabaceae**
***Acacia hindsii* Benth.**	**Fabaceae**
***Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.**	**Fabaceae**
***Acacia riparia* Kunth**	**Fabaceae**
***Acacia picachensis* Brandegee**	**Fabaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Aeschynomene fascicularis Cham. & Schltdl.	Fabaceae
Albizia idiopoda (Blake) Britton & Rose	Fabaceae
Andira inermis (Wright) DC.	Fabaceae
Apoplanesia paniculata C. Presl	Fabaceae
Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw.	Fabaceae
Caesalpinia velutina (Britton & Rose) Standl.	Fabaceae
***Calliandra houstoniana* (Mill.) Standl.**	**Fabaceae**
***Calliandra houstoniana var. Anomala* (Kunth)Barneby**	**Fabaceae**
Calliandra sp.	**Fabaceae**
***Calliandra tergemina var. emarginata* (Willd.) Barneby**	**Fabaceae**
Cassia sp.	Fabaceae
Centrosema plumieri (Pers.) Benth.	Fabaceae
Centrosema sp.	**Fabaceae**
Chamaecrista nictitans subsp. disadena (Steud.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae
Chamaecrista sp.	**Fabaceae**
Chloroleucon mangense var. leucospermum (Brandegee) Barneby & J.W. Grime (palo overo)	Fabaceae
***Chloroleucon mangense* (Jacq.) Britton & Rose**	**Fabaceae**
Cracca mollis (Kunth) Benth & Oerst	Fabaceae
Crotalaria sp.	**Fabaceae**
Dalea annua (Mill.) Kuntze	Fabaceae
***Dalea carthagenensis* (Jacq.) J.F. Macbr.**	**Fabaceae**
Dalea cliffortiana Willd.	Fabaceae
Dalea sp.	**Fabaceae**
Desmanthus virgatus (L.) Willd.	**Fabaceae**
Desmodium angustifolium (Kunth) DC.	Fabaceae
Desmodium incanum DC.	Fabaceae
Desmodium procumbens (Mill.) Hitchc.	Fabaceae
Desmodium sp.	**Fabaceae**
***Diphysa americana* (Mill.) M.Sousas**	**Fabaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

Diphysa macrophylla Lundell	Fabaceae
Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.	**Fabaceae**
Erythrina berteroana Urb.	Fabaceae
Erythrina mexicana Krukoff	Fabaceae
Galactia discolor Donn.Sm.	**Fabaceae**
Galactia sparsiflora Standl. & Steyerm.	Fabaceae
Galactia striata (Jacq.) Urb.	Fabaceae
***Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.**	**Fabaceae**
***Haematoxylum brasiletto* H. Karst.**	**Fabaceae**
***Hymenaea courbaril* L.**	**Fabaceae**
Indigofera sp.	**Fabaceae**
Indigofera lespedezioides Kunth	Fabaceae
Inga edulis Mart.	Fabaceae
Inga punctata Willd.	Fabaceae
Inga sp.	**Fabaceae**
Inga vera Willd.	Fabaceae
Leucaena collinsii Britton & Rose	Fabaceae
***Leucaena collinsii subsp. zacapana* C. E. Hughes**	**Fabaceae**
***Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth.**	**Fabaceae**
***Leucaena trichandra* (Zucc.) Urb**	**Fabaceae**
***Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit**	**Fabaceae**
***Lonchocarpus guatemalensis* Benth.**	**Fabaceae**
***Lonchocarpus minimiflorus* Donn.Sm.**	**Fabaceae**
Lonchocarpus sp.	**Fabaceae**
Lonchocarpus rugosus Benth.	Fabaceae
Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth.	Fabaceae
Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr.	Fabaceae
Lysiloma latisiliquum (L.) Benth.	Fabaceae
Lysiloma sp.	Fabaceae
Mimosa albida var. willdenowii (Poir.) Rudd	Fabaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Mimosa albida* Willd.**	**Fabaceae**
***Mimosa platycarpa* Benth.**	**Fabaceae**
***Mimosa pudica* L.**	**Fabaceae**
Mimosa sesquijugata Donn. Sm.	Fabaceae
Mimosa sp.	**Fabaceae**
***Mimosa zacapana* Standl. & Steyerm**	**Fabaceae**
***Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.**	**Fabaceae**
Phaseolus sp.	**Fabaceae**
Piptadenia flava (DC) Benth	Fabaceae
Piscidia grandifolia (Donn.Sm.) I.M. Johnst.	Fabaceae
Pithecellobium hymenaeafolium (Willd.) Benth.	Fabaceae
Pithecellobium microstachyum Standl.	Fabaceae
Pithecellobium sp.	Fabaceae
***Poeppigia procera* Presl.**	**Fabaceae**
Senegalia sp.	Fabaceae
***Senna bicapsularis (*L.) Roxb.**	**Fabaceae**
***Senna candolleana (*Vogel) H.S. Irwin & Barneby**	**Fabaceae**
Senna pallida (Vahl) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae
***Senna skinneri* (Benth.) H.S.Irwin & Barneby**	**Fabaceae**
Senna sp.	**Fabaceae**
Senna uniflora (Mill.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae
***Senna velutina* (Vogel) H.S.Irwin & Barneby**	**Fabaceae**
***Senna bicapsularis* (L.) Roxb.**	**Fabaceae**
Senna occidentalis (L.) Link	Fabaceae
Tephrosia aff multifolia Rose	Fabaceae
Teramnus labialis (L.f.) Spreng.	Fabaceae
***Vigna aff. luteola* (Jacq.) Benth.**	**Fabaceae**
Zapoteca sp.	Fabaceae
***Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze**	**Fabaceae**
***Acacia farnesiana* (L.) Willd.**	**Fabaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Crotalaria angulata Mill.	Fabaceae
Desmodium tortuosum (Sw.) DC.	Fabaceae
Entada polystachya (L.) DC.	Fabaceae
Erythrina sp.	**Fabaceae**
***Indigofera miniata* Ortega**	**Fabaceae**
Leucaena sp.	**Fabaceae**
Lonchocarpus atropurpureus Benth.	Fabaceae
Macroptilium atropurpureum (DC.) Urb.	Fabaceae
Mimosa pigra L.	Fabaceae
Pithecolobium dulce	Fabaceae
***Quercus aff segoviensis* Liebm.**	**Fagaceae**
***Quercus aff. lancifolia* Schltdl. & Cham**	**Fagaceae**
Quercus aff. Ocoteifolia	**Fagaceae**
***Quercus aff. ocoteifolia* Liebm**	**Fagaceae**
Quercus castanea Née	Fagaceae
***Quercus conspersa* Benth.**	**Fagaceae**
***Quercus copeyensis* C.H.Mull.**	**Fagaceae**
Quercus crassifolia Bonpl.	**Fagaceae**
Quercus crispifolia Trel.	Fagaceae
Quercus lancifolia Schltdl. & Cham.	Fagaceae
Quercus ocoteifolia Liebm.	Fagaceae
***Quercus peduncularis* Neé**	**Fagaceae**
Quercus polymorpha Schltdl. & Cham.	Fagaceae
***Quercus purulhana* Trel.**	**Fagaceae**
***Quercus sapotifolia* liebm.**	**Fagaceae**
Quercus seemannii Liebm.	Fagaceae
Quercus segoviensis Liebm.	Fagaceae
Quercus skinneri Benth.	Fagaceae
Quercus sp.	***Fagaceae***
Quercus acutifolia Née	Fagaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Lisianthius brevidentatus (Hemsl.) Kuntze	Gentianaceae
Guamatela tuerckheimii Donn.Sm.	Guamatelaceae
***Gyrocarpus americanus* Jacq**	**Hernandiaceae**
Alfaroa guatemalensis (Standl.) L.O. Williams & A.R.Molina	Juglandaceae
Krameria ixine L.	Krameriaceae
Krameria revoluta O. Berg	Krameriaceae
Hyptis pectinata (L.) Poit.	Lamiaceae
Hyptis verticillata Jacq.	Lamiaceae
***Marsypianthes chamaedrys (*Vahl) Kuntze**	**Lamiaceae**
***Ocimum campechianum* Mill**	**Lamiaceae**
***Ocimum micranthum* Willd.**	**Lamiaceae**
Salvia cinnabarina M. Martens & Galeotti	Lamiaceae
Salvia lasiantha Benth.	Lamiaceae
Salvia misella Kunth	Lamiaceae
Salvia sp.	Lamiaceae
***Vitex gaumeri* Greenm.**	**Lamiaceae**
***Hyptis suaveolens* (L.) Poit.**	**Lamiaceae**
Cinnamomum areolatum (Lundell) Kosterm.	Lauraceae
Licaria coriacea (Lundell) Kosterm.	Lauraceae
***Litsea glaucescens* Kunth**	**Lauraceae**
Nectandra sp.	**Lauraceae**
Ocotea acuminatissima (Lundell) Rohwer	Lauraceae
Ocotea amplifolia (Mez & Donn. Sm.) van der Werff	Lauraceae
Ocotea bourgeauviana (Mez) van der Werff	Lauraceae
Ocotea salvinii Mez	Lauraceae
Ocotea sp.	Lauraceae
Persea americana Mill.	Lauraceae
Persea sessilis Standl. & Steyerm.	Lauraceae
Persea vesticula Standl. & Steyerm.	Lauraceae
Phoebe sp.	**Lauraceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Cladocolea oligantha (Standl. & Steyerm.) Kuijt	Loranthaceae
Psittacanthus schiedeanus (Schltdl. & Cham.) G.Don	Loranthaceae
Cuphea aristata Hemsl.	Lythraceae
Cuphea sp.	**Lythraceae**
***Magnolia guatemalensis* Donn.Sm.**	**Magnoliaceae**
Adelphia hiraea (Gaertn.) W.R.Anderson	Malpighiaceae
Bunchosia guatemalensis Nied.	Malpighiaceae
Bunchosia nitida (Jacq.) A.Rich.	Malpighiaceae
Bunchosia sp.	Malpighiaceae
***Byrsonima cinerea* (Poir.) DC.**	**Malpighiaceae**
Heteropterys brachiata (L.) DC.	Malpighiaceae
Hiraea sp.	**Malpighiaceae**
Malpighia glabra L.	Malpighiaceae
Malpighia punicifolia L.	Malpighiaceae
Mascagnia sp.	Malpighiaceae
Abutilon chittendenii Standl	Malvaceae
Abutilon tridens Standl. & Steyerm.	Malvaceae
Ayenia pusilla L.	Malvaceae
Bakeridesia integerrima (Hook.) D.M.Bates	Malvaceae
***Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f.**	**Malvaceae**
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	Malvaceae
Chiranthodendron pentadactylon Larreat.	Malvaceae
Gaya calyptrata (Cav.) Kunth ex K.Schum.	Malvaceae
***Guazuma ulmifolia* Lam.**	**Malvaceae**
Herissantia crispa (L.) Brizicky	Malvaceae
***Hibiscus phoeniceus* Jacq.**	**Malvaceae**
Hibiscus sp.	**Malvaceae**
Luehea candida (Moc. & Sessé ex DC.) Mart.	Malvaceae
Luehea speciosa Willd	Malvaceae
Malvaviscus arboreus Cav.	Malvaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Melochia tomentosa* L.**	**Malvaceae**
Pseudabutilon orientale (Standl. & Steyerm.) Fryxell	Malvaceae
Pseudabutilon umbellatum (L.) Fryxell	Malvaceae
Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand	Malvaceae
Sida abutilifolia Mill.	Malvaceae
Sida cordifolia L.	Malvaceae
Sida glabra Mill	Malvaceae
Sida rhombifolia L.	Malvaceae
Triumfetta bogotensis DC.	Malvaceae
***Triumfetta speciosa* Seem.**	**Malvaceae**
***Waltheria indica* L.**	**Malvaceae**
Clidemia capitellata (Bonpl.) D. Don	Melastomataceae
Clidemia sp	**Melastomataceae**
***Conostegia hirtella* Cogn.**	**Melastomataceae**
***Heterocentron subtriplinervium* (Link & Otto) A. Braun & C.D. Bouché**	**Melastomataceae**
***Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin**	**Melastomataceae**
Miconia nutans Donn. Sm.	Melastomataceae
Miconia sp.	Melastomataceae
Miconia tuerckheimii Cogn.	Melastomataceae
***Cedrela tonduzii* C. DC**	**Meliaceae**
***Swietenia humilis* Zucc**	**Meliaceae**
Trichilia havanensis Jacq.	Meliaceae
***Trichilia hirta* L.**	**Meliaceae**
Trichilia sp.	Meliaceae
***Dorstenia contrajerva* L.**	**Moraceae**
Dorstenia drakena L.	Moraceae
Ficus obtusifolia Kunth	Moraceae
***Ficus sp*.**	**Moraceae**
Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud	Moraceae

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Muntingia calabura* L.**	**Muntingiaceae**
***Morella cerifera* (L.) Small**	**Myricaceae**
***Calyptranthes sp*.**	**Myrtaceae**
***Eugenia sp*.**	**Myrtaceae**
***Psidium guajava* L.**	**Myrtaceae**
***Syzygium jambos* (L.) Alston**	**Myrtaceae**
Ugni myricoides (Kunth) O.Berg	Myrtaceae
Pisonia macranthocarpa (Donn.Sm.) Donn.Sm.	Nyctaginaceae
Ximenia americana L.	**Olacaceae**
Fuchsia arborescens Sims	Onagraceae
***Fuchsia microphylla* Kunth**	**Onagraceae**
***Fuchsia sp*.**	**Onagraceae**
Hauya microcerata Donn.Sm. & Rose	Onagraceae
Lamourouxia longiflora Benth.	Orobanchaceae
Lamourouxia viscosa Kunth.	Orobanchaceae
Oxalis frutescens subsp. angustifolia (Kunth) Lourteig	Oxalidaceae
Oxalis galeottii Turcz.	Oxalidaceae
Oxalis latifolia Kunth	Oxalidaceae
Argemone mexicana L.	Papaveraceae
Passiflora foetida L.	Passifloraceae
Passiflora membranacea Benth.	Passifloraceae
Turnera diffusa Willd. ex Schult.	Passifloraceae
***Ternstroemia sp*.**	**Pentaphylacaceae**
***Ternstroemia tepezapote* Schltdl. & Cham.**	**Pentaphylacaceae**
Phyllanthus minarum Standl. & Steyerm.	Phyllanthaceae
***Phyllonoma cacuminis* Standl. & Steyerm.**	**Phyllonomaceae**
***Petiveria alliaceae* L.**	**Phytolaccaceae**
***Phytolacca* sp.**	**Phytolaccaceae**
Alvaradoa amorphoides Liebm	**Picramniaceae**
Peperomia acuminata Ruiz & Pav.	Piperaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Peperomia aff. cobana* C.DC.**	**Piperaceae**
Peperomia angustata Kunth	Piperaceae
***Peperomia cobana* C.DC**	**Piperaceae**
Peperomia crassicaulis Fawc. & Rendle	Piperaceae
Peperomia hondoana Trel. & Standl.	Piperaceae
Peperomia minarum Standl. & Steyerm.	Piperaceae
Peperomia sp.	**Piperaceae**
Peperomia striata Ruiz & Pav.	Piperaceae
Peperomia tenella (Sw.) A.Dietr.	Piperaceae
Peperomia tuerckheimii C. DC.	Piperaceae
Piper aduncum L.	Piperaceae
Piper lacunosum Kunth	Piperaceae
Piper minarum Standl. & Steyerm.	Piperaceae
Piper peltatum L.	Piperaceae
Piper planadosense Trel. & Standl.	Piperaceae
Piper punctulatum Standl. & Steyerm.	Piperaceae
Piper scalarispicum Trel.	Piperaceae
Piper sp.	**Piperaceae**
Piper zacapanum Trel. & Standl.	Piperaceae
***Russelia chiapensis* Lundell**	**Plantaginaceae**
***Russelia sarmentosa* Jacq.**	**Plantaginaceae**
Uroskinnera spectabilis Lindl.	Plantaginaceae
***Plocosperma buxifolium* Benth.**	**Plocospermataceae**
***Loeselia glandulosa* (Cav.) G.Don**	**Polemoniacae**
Polygala sp.	Polygalaceae
Antigonon leptopus Hook y Arn	Polygonaceae
Podopterus guatemalensis S.F. Blake	Polygonaceae
***Ardisia compressa* Kunth**	**Primulaceae**
***Ardisia paschalis* Donn.Sm.**	**Primulaceae**
***Ardisia revoluta* Kunth**	**Primulaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Ardisia sp.	**Primulaceae**
Ardisia vatteri Standl. & Steyerm.	Primulaceae
Ardisia verapazensis Donn.Sm.	Primulaceae
Bonellia macrocarpa (Cav.) B. Stahl & Källersjö	Primulaceae
Myrsine sp.	Primulaceae
Myrsine guianensis (Aubl.) Kuntze	Primulaceae
Myrsine juergensenii (Mez) Ricketson & Pipoly	Primulaceae
***Parathesis leptopa* Lundell**	**Primulaceae**
Roupala montana Aubl.	Proteaceae
Frangula discolor (Donn.Sm.) Grubov	Rhamnaceae
***Karwinskia calderonii* Standl**	**Rhamnaceae**
Rhamnus nelsonii Rose	Rhamnaceae
Rhamnus sp.	**Rhamnaceae**
Sageretia elegans (Kunth) Brongn.	Rhamnaceae
***Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.**	**Rosaceae**
***Holodiscus argenteus* (L.f.) Maxim**	**Rosaceae**
Photinia microcarpa Standl.	Rosaceae
Photinia sp.	Rosaceae
Prunus aff guatemalensis	Rosaceae
Prunus barbata Koehne	Rosaceae
Prunus brachybotrya Zucc	Rosaceae
Prunus rhamnoides Koehne	Rosaceae
Prunus sp.	Rosaceae
***Rubus miser* Liebm.**	**Rosaceae**
Rubus sp.	**Rosaceae**
Nertera granadensis (Mutis ex L.f.) Druce	Rubiaceae
Alibertia edulis (Rich.) A. Rich.	Rubiaceae
Amaracarpus pubescens Blume	Rubiaceae
Arachnothryx buddleioides (Benth.) Planch.	Rubiaceae
Arachnothryx cordovana (Standl. & Steyerm.) Borhidi	Rubiaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Arachnothryx laniflora (Benth.) Planch.	Rubiaceae
Augusta rivalis (Benth.) J.H. Kirkbr.	Rubiaceae
Bouvardia leiantha Benth.	Rubiaceae
Bouvardia sp.	Rubiaceae
***Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC.**	**Rubiaceae**
Chiococca alba (L.) Hitchc.	**Rubiaceae**
Chiococca sp.	Rubiaceae
***Coccocypselum hirsutum* Bartl. ex DC.**	**Rubiaceae**
***Exostema caribaeum* (Jacq.) Schult.**	**Rubiaceae**
***Guettarda deamii* Standl.**	**Rubiaceae**
Hamelia axillaris Sw.	Rubiaceae
Hamelia patens Jacq.	Rubiaceae
Hintonia latiflora (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	Rubiaceae
Hoffmannia quadrifolia Standl. & Steyerm.	Rubiaceae
Hoffmannia sessilifolia L.O.Williams	Rubiaceae
Hoffmannia tuerckheimii Donn.Sm.	Rubiaceae
***Nertera granadensis* (L. f.) Druce,**	**Rubiaceae**
Palicourea chrysocalymma (L.O.Williams) C.M.Taylor	Rubiaceae
Psychotria erythrocarpa Schltdl.	Rubiaceae
Psychotria galeottiana (M.Martens) C.M.Taylor & Lorence	Rubiaceae
Psychotria nervosa Sw.	Rubiaceae
Psychotria sp.	Rubiaceae
***Randia cookii* Standl.**	**Rubiaceae**
Randia monantha Benth.	Rubiaceae
Randia sp.	Rubiaceae
Sickingia salvadorensis (Standl.) Standl.	Rubiaceae
Spermercoe sp.	Rubiaceae
Zantoxylon sp.	Rubiaceae
Esenbeckia berlandieri subsp. litoralis (Donn.Sm.) Kaastra	Rutaceae
Esenbeckia echinoidea Standl. & Steyerm.	Rutaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Esenbeckia sp.	Rutaceae
***Zanthoxylum culantrillo* Kunth**	**Rutaceae**
***Zanthoxylum limoncello* Planch. & Oerst. ex Triana & Planch.**	**Rutaceae**
Casearia sp.	Salicaceae
Olmediella betschleriana (Göpp.) Loes.	Salicaceae
***Prockia crucis P.Browne* ex L.**	**Salicaceae**
***Xylosma flexuosa* (Kunth) Hemsl.**	**Salicaceae**
Xylosma sp.	Salicaceae
Xylosma velutina (Tul.) Triana & Planch.	Salicaceae
Arceuthobium vaginatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J.Presl	Santalaceae
Phoradendron sp.	Santalaceae
Phoradendron treleaseanum Standl. & Steyerm.	Santalaceae
***Acer saccharum subsp. skutchii* (Rehder) A.E.Murray**	**Sapindaceae**
Allophylus racemosus Sw.	Sapindaceae
Billia hippocastanum Peyr.	Sapindaceae
***Cardiospermum grandiflorum* Sw.**	Sapindaceae
***Cardiospermum halicacabum* L.**	**Sapindaceae**
***Matayba oppositifolia* (A.Rich.) Britton**	**Sapindaceae**
Paullinia fuscescens Kunth	Sapindaceae
Serjania lateritia Radlk.	Sapindaceae
Serjania lobulata Standl. & Steyerm.	**Sapindaceae**
Serjania sp.	Sapindaceae
Talisia floresii Standl.	Sapindaceae
***Thouinidium decandrum* (Humb. & Bonpl.) Radlk.**	**Sapindaceae**
Chrysophyllum mexicanum Brandegee	Sapotaceae
Pouteria sp.	Sapotaceae
Sideroxylon americanum (Mill.) T.D.Penn.	Sapotaceae
Sideroxylon celastrinum (Kunth) T.D.Penn.	Sapotaceae
Sideroxylon obtusifolium subsp. buxifolium (Roem. & Schult.) T.D. Penn.	Sapotaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Schoepfia schreberi J.F.Gmel.	Schoepfiaceae
Schoepfia vacciniiflora Planch. ex Hemsl.	Schoepfiaceae
Buddleja euryphylla Standl. & Steyerm.	Scrophulariaceae
Buddleja skutchii Morton	Scrophulariaceae
Eremogeton grandiflorus (A. Gray) Standl. & L.O. Williams	Scrophulariaceae
***Simarouba amara* Aubl.**	**Simaroubaceae**
Capsicum annuum L.	Solanaceae
Cestrum sp.	Solanaceae
Cestrum aurantiacum Lindl.	Solanaceae
Chamaesaracha viscosa (Schrad.) Hunz.	Solanaceae
Solanum asperolanatum Ruiz & Pav.	Solanaceae
Solanum nigricans M. Martens & Galeotti	Solanaceae
Solanum nudum Dunal	Solanaceae
Physalis sp.	Solanaceae
Turpinia insignis (Kunth) Tul.	Staphyleaceae
Turpinia occidentalis (Sw.) G. Don	Staphyleaceae
Styrax argenteus C. Presl	Styracaceae
Styrax conterminus Donn.Sm.	Styracaceae
***Symplocos hartwegii* A.DC.**	**Symplocaceae**
***Symplocos matudae* Lundell**	**Symplocaceae**
Symplocos sp.	**Symplocaceae**
Symplocos vatteri Standl. & Steyerm.	Symplocaceae
Symplocos vernicosa L.O.Williams	Symplocaceae
Laplacea coriacea L.O. Williams	Theaceae
***Cecropia pachystachya* Trécul**	**Urticaceae**
Myriocarpa yzabalensis (Donn. Sm.) Killip.	Urticaceae
Pilea ecboliophylla Donn. Sm.	Urticaceae
Urera baccifera (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae
Urera caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Urticaceae
Urera sp.	Urticaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Bouchea nelsonii Grenzeb.	Verbenaceae
***Lantana camara* L.**	**Verbenaceae**
***Lantana velutina* M.Marten et Galeotti**	**Verbenaceae**
Lantana horrida Kunth	Verbenaceae
Lippia alba (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson	Verbenaceae
***Lippia graveolens* Kunth**	**Verbenaceae**
Lippia myriocephala Schltdl. & Cham	Verbenaceae
Lippia sp.	Verbenaceae
***Petrea volubilis* L.**	**Verbenaceae**
Priva lappulacea (L.) Pers.	Verbenaceae
Rehdera trinervis (S.F. Blake) Moldenke	Verbenaceae
Stachytarpheta cayennensis (Rich.) Vahl	Verbenaceae
Verbena sp.	Verbenaceae
Cissus cacuminis Standl.	Vitaceae
***Drimys granadensis* L.f.**	**Winteraceae**
***Guaiacum sanctum* L.**	**Zygophyllaceae**
Tribulus cistoides L.	Zygophyllaceae

MONOCOTILEDÓNEAS

Nombre Científico	Familia
Bomarea edulis (Tussac) Herb.	Alstroemeriaceae
Anthurium parvispatum Hemsl.	Araceae
***Anthurium scandens* (Aubl.) Engl**	**Araceae**
***Anthurium* sp.**	**Araceae**
***Anthurium subcordatum* Schott**	**Araceae**
***Anthurium schlechtendalii* Kunth**	**Araceae**
***Chamaedorea costaricana* Oerst**	**Araceae**
Bactris sp.	Arecaceae
***Brahea salvadorensis* H. Wendl. ex Becc.**	**Arecaceae**
***Chamedoreas costaricana* Oerst.**	**Arecaceae**

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

***Chamaedorea lehmannii* Burret**	**Arecaceae**
Chamaedorea parvisecta Burret	Arecaceae
Chamaedorea woodsoniana L.H.Bailey	Arecaceae
***Geonoma undata subsp. edulis* (H.Wendl. ex Spruce) A.J.Hend.**	**Arecaceae**
Sabal mexicana Mart.	Arecaceae
Agave sp.	**Asparagacaea**
Agave aff minarum	**Asparagaceae**
***Agave minarum* Trel.**	**Asparagaceae**
***Agave pachycentra* Trel.**	**Asparagaceae**
***Agave seemanniana* Jacobi**	**Asparagaceae**
Agave vivipara L.	Asparagaceae
Beaucarnea guatemalensis Rose.	Asparagaceae
Furcraea guatemalensis Trel.	Asparagaceae
***Maianthemum flexuosum* (Bertol.) LaFrankie**	**Asparagaceae**
Maianthemum paniculatum (M.Martens & Galeotti) LaFrankie	Asparagaceae
Milla sp.	Asparagaceae
Billbergia pallidiflora Liebm.	Bromeliaceae
***Bromelia karatas* L.**	**Bromeliaceae**
***Bromelia pinguin* L.**	**Bromeliaceae**
Bromelia plumieri (E. Morren) L.B. Sm.	Bromeliaceae
Bromelia sp.	Bromeliaceae
***Greigia steyermarkii* L.B.Sm.**	**Bromeliaceae**
***Hechtia dichroantha* Donn.Sm.**	**Bromeliaceae**
***Hechtia guatemalensis* Mez**	**Bromeliaceae**
Tillandsia balbisiana Schult. & Schult.f.	Bromeliaceae
Tillandsia brachycaulos Schltdl.	Bromeliaceae
Tillandsia capitata Griseb.	Bromeliaceae
Tillandsia caput-medusae E.Morren	Bromeliaceae
Tillandsia dasyliriifolia Baker	Bromeliaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

Tillandsia fasciculata Sw.	Bromeliaceae
***Tillandsia ionantha* Planch.**	**Bromeliaceae**
***Tillandsia makoyana* Baker**	**Bromeliaceae**
Tillandsia pauciflora Sessé & Moc.	Bromeliaceae
Tillandsia plagiotropica Rohweder	Bromeliaceae
Tillandsia pseudobaileyi C.S. Gardner.	Bromeliaceae
Tillandsia recurvata (L.) L.	Bromeliaceae
***Tillandsia schiedeana* Steud.**	**Bromeliaceae**
***Tillandsia seleriana* Mez**	**Bromeliaceae**
Tillandsia sp	Bromeliaceae
Tillandsia streptophylla Scheidw. ex E.Morren	Bromeliaceae
***Tillandsia xerographica* Rohweder**	**Bromeliaceae**
Tillandsia ponderosa L.B.Sm.	Bromelliaceae
***Commelina erecta* L.**	**Commelinaceae**
Commelina sp.	**Commelinaceae**
***Commelina standleyi* Steyerm.**	**Commelinaceae**
Tradescantia standleyi Steyerm.	Commelinaceae
Tradescantia velutina Kunth & C.D.Bouché	Commelinaceae
Tripogandra disgrega (Kunth) Woodson	Commelinaceae
Carex sp.	**Cyperaceae**
Cyperus sp.	**Cyperaceae**
Fimbristylis sp.	**Cyperaceae**
Rhynchospora sp.	**Cyperaceae**
Scleria sp.	Cyperaceae
Uncinia hamata (Sw.) Urb.	Cyperaceae
Arpophyllum giganteum subsp. alpinum (Lindl.) Dressler	Orchidaceae
Brassavola nodosa (L.) Lindl.	Orchidaceae
Camaridium meleagris (Lindl.) M.A.Blanco	Orchidaceae
***Catasetum integerrimum* Hook**	**Orchidaceae**

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Encyclia adenocarpa (Lex.) Schltr.	Orchidaceae
Encyclia alata (Bateman) Schltr.	Orchidaceae
***Encyclia hanburyi* (Lindl.) Schltr.**	**Orchidaceae**
Encyclia nematocaulon (A.Rich.) Acuña	Orchidaceae
Encyclia xipheroides (Kraenzl.) Porto & Brade	Orchidaceae
Epidendrum schweinfurthianum Correll	Orchidaceae
Epidendrum sobralioides Ames & Correll	Orchidaceae
Epidendrum sp.	Orchidaceae
Goodyera major Ames & Correll	Orchidaceae
Govenia sp.	Orchidaceae
Habenaria sp.	Orchidaceae
Isochilus linearis (Jacq.) R.Br.	**Orchidaceae**
Laelia sp.	Orchidaceae
Lycaste sp.	**Orchidaceae**
Maxillaria sp.	**Orchidaceae**
Maxillariella variabilis (Bateman ex Lindl.) M.A.Blanco & Carnevali	Orchidaceae
Myrmecophila wendlandii (Rchb.f.) G.C.Kenn.	Orchidaceae
***Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl.**	**Orchidaceae**
***Oncidium micranthum* Skinner ex Lindl.**	**Orchidaceae**
***Prosthechea cochleata* (L.) W.E.Higgins**	**Orchidaceae**
***Schiedeella llaveana* (Lindl.) Schltr.**	**Orchidaceae**
***Trichocentrum cebolleta* (Jacq.) M.W.Chase & N.H.Williams.**	**Orchidaceae**
Dichromanthus aurantiacus (Lex.) Salazar & Soto Arena	Orchidaceae
*Bouteloua disticha (*Kunth) Benth.	Poaceae
Cenchrus echinatus L.	Poaceae
Chusquea sp.	**Poaceae**
***Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf.**	**Poaceae**
Hyparrhenia sp.	**Poaceae**

USC DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Lasiacis linearis Swallen	Poaceae
Lasiacis rhizophora (E.Fourn.) Hitchc. ex Chase	Poaceae
***Melinis minutiflora* P.Beauv**	**Poaceae**
***Melinis repens* (Willd.) Zizka**	**Poaceae**
Oplismenus sp.	**Poaceae**
Panicum sp.	**Poaceae**
Paspalum sp.	**Poaceae**
Setaria liebmannii E.Fourn.	Poaceae
Oplismenus burmanni (Retz.) P.Beauv.	Poaceae
***Pennisetum purpureum* Schumach.**	**Poaceae**
***Passiflora sexflora* Juss.**	**Smilacaceae**
***Passiflora* sp.**	**Smilacaceae**
Smilax laurifolia L.	Smilacaceae
***Smilax longifolia* Rich.**	**Smilacaceae**
***Smilax moranensis* M.Martens & Galeotti**	**Smilacaceae**
Smilax officinalis Kunth	Smilacaceae
Smilax sp.	Smilacaceae
Smilax subpubescens A.DC.	Smilacaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

ANEXO 2. LISTADO DE ESPECIES AMENAZADAS EN GUATEMALA

El CONAP dentro de sus atribución contempla el desarrollar un listado de especies de flora y fauna amenazada en Guatemala. Con base en las especies catalogadas para la Sierre de las Minas, a continuación, se indican aquellas que están amenazadas de acuerdo con los criterio de CONAP (2009).

~~Lista de~~ Especies que se encuentran en el Listado de Especies Amenazadas LEA del CONAP:

Nombre Científico	**Familia**
Henrya insularis	Acanthaceae
Dicliptera guttata	Acanthaceae
Chileranthemum pyramidatum	Acanthaceae
Sapranthus violaceus	Annonaceae
Ilex quercetorum	Aquifoliaceae
Ilex liebmannii	Aquifoliaceae
Ilex quercetorum	Aquifoliaceae
Chamaedorea lehmannii	Arecaceae
Agave seemanniana	Asparagaceae
Agave pachycentra.	Asparagaceae
Agave minarum	Asparagaceae
Mikania concinna	Asteraceae
Salmea scandens	Asteraceae
Verbesina eperetma	Asteraceae
Wedelia acapulcensis	Asteraceae
Berberis johnstonii	Berberidaceae
Tabebuia rosea	Bignoniaceae
Tillandsia xerographica	Bromeliaceae
Greigia steyermarkii	Bromeliaceae
Tillandsia streptophylla	Bromeliaceae
Acanthocereus horridus	Cactaceae
Acanthocereus tetragonus	Cactaceae
Mammillaria eichlamii	Cactaceae
Melocactus curvispinus	Cactaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Myrtillocactus eichlamii	Cactaceae
Peniocereus hirschtianus	Cactaceae
Opuntia decumbens	Cactaceae
Nopalea lutea	Cactaceae
Hylocereus undatus	Cactaceae
Mammillaria columbiana	Cactaceae
Pachycereus lepidanthus	Cactaceae
Pilosocereus leucocephalus	Cactaceae
Selenicereus testudo	Cactaceae
Stenocereus eichlamii	Cactaceae
Stenocereus pruinosus	Cactaceae
Pereskia lychnidiflora	Cactaceae
Gyminda tonduzii	Celastraceae
Tradescantia standleyi	Commelinaceae
Tradescantia velutina	Commelinaceae
Weinmannia tuerckheimii	Cunoniaceae
Juniperus comitana	Cupressaceae
Cavendishia bracteata	Ericaceae
Orthaea brachysiphon	Ericaceae
Vaccinium selerianum	Ericaceae
Croton pagiveteris	Euphorbiaceae
Mimosa zacapana.	Fabaceae
Enterolobium cyclocarpum	Fabaceae
Inga vera	Fabaceae
Quercus peduncularis	Fagaceae
Quercus polymorpha	Fagaceae
Quercus sapotifolia .	Fagaceae
Quercus segoviensis	Fagaceae
Quercus skinneri	Fagaceae
Guamatela tuerckheimii	Guamatelaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Ocotea amplifolia	Lauraceae
Persea sessilis	Lauraceae
Ocotea salvinii	Lauraceae
Adelphia hiraea	Malpighiaceae
Abutilon tridens	Malvaceae
Miconia tuerckheimii	Melastomataceae
Conostegia hirtella	Melastomataceae
Maclura tinctoria	Moraceae
Arpophyllum giganteum subsp. alpinum	Orchidaceae
Brassavola nodosa	Orchidaceae
Epidendrum schweinfurthianum	Orchidaceae
Goodyera major	Orchidaceae
Encyclia alata	Orchidaceae
Encyclia nematocaulon	Orchidaceae
Epidendrum sobralioides	Orchidaceae
Isochilus linearis	Orchidaceae
Trichocentrum cebolleta	Orchidaceae
Abies guatemalensis	Pinaceae
Pinus tecunumanii	Pinaceae
Peperomia cobana	Piperaceae
Peperomia tuerckheimii	Piperaceae
Piper minarum	Piperaceae
Piper punctulatum	Piperaceae
Piper zacapanum.	Piperaceae
Podocarpus oleifolius	Podocarpaceae
Podopterus guatemalensis	Polygonaceae
Ardisia verapazensis	Primulaceae
Prunus barbata	Rosaceae
Prunus rhamnoides	Rosaceae
Palicourea chrysocalymma	Rubiaceae

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Hoffmannia sessilifolia	Rubiaceae
Hoffmannia tuerckheimii	Rubiaceae
Simira salvadorensis	Rubiaceae
Serjania lateritia	Sapindaceae
Serjania lobulata	Sapindaceae
Symplocos hartwegii	Symplocaceae
Symplocos vatteri	Symplocaceae
Taxus globosa	Taxaceae
Laplacea coriacea	Theaceae
Pilea ecboliophylla.	Urticaceae
Drimys granadensis	Winteraceae
Guaiacum sanctum	Zygophyllaceae

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

ANEXO 3. CATÁLOGO FOTOGRÁFICO

Bosques Perennifolios de montaña.



Fotografía. 1. Al fondo se observa *Abies guatemalensis* de la asociación *Oreopano steyermarkii – Pinetum pseudostrobii*. Las especies del frente son de la asociación *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*



Fotografía. 2.Vista general. Piedra del Ángel. *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 3.Vista general. Cerro Pinalón. *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*



Fotografía. 4.Vista de la asociación *Quercus aff. ocoteifolia*. *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 5.Aspecto de la estructura de *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*



Fotografía. 6.*Alsophylla salvini* y *Quercus aff. ocoteifolia*. Cerro Pinalón.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 7.Detalle de la base del fuste de un espécimen *de Quercus aff. ocoteifolia*.



Fotografía. 8. Sotobosque de la comunidad. *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 9.Sotobosque de *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*



Fotografía. 10.Vista general. Piedra del Ángel. *Maianthemum flexuosum*. *Podocarpo oleifoliae – Quercetum ocoteifoliae*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 11 *Orthaea brachysiphon* . Asociación *Podocarpo oleifoliae - Quercetum ocoteifoliae*



Fotografía. 12.*Phyllonoma cacuminis* .

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 13. *Curatello americanae – Byrsonimetum cinereae ass.nova prov.* y *Querco penducullariae Pinetum oocarpae . ass.nova prov.*



Fotografía. 14. *Querco penducullariae Pinetum oocarpae . ass.nova prov.* Sobre afloramiento de mármoles. San Lorenzo, Mármol.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 15. *Querco penducullariae Pinetum oocarpae*. Sobre afloramiento de mármoles. Los huesos, San Lorenzo, Mármol.



Fotografía. 16. *Querco penducullariae Pinetum oocarpae s*obre afloramiento arenas y esquistos.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 17. Quebrada El Picacho. *Querco penducullariae Pinetum oocarpae*



Fotografía. 18. *Querco penducullariae Pinetum oocarpae* con regeneración natural de *Pinus oocarpa*.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 19. *Monotropa uniflora*, *Querco sapotifoliae – Pinetum maximinae*



Fotografía. 20. *Acer saccharum subsp. skutchii*, Endémica de México y Guatemala. *Querco penducularіae Pinetum oocarpae*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 21. *Mammillaria albilanata Querco penducularíae - Pinetum oocarpae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 22. Vista general *Querco sapotifoliae – Pinetum maximinae*



Fotografía. 23. Aspecto general de la nubosidad en la Comunidad *Querco sapotifoliae – Pinetum maximinae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 24. Zona de recuperación después de un incendio *Querco sapotifoliae – Pinetum maximinae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 25. Vista general *Curatello americanae – Byrsonimetum cinereae*

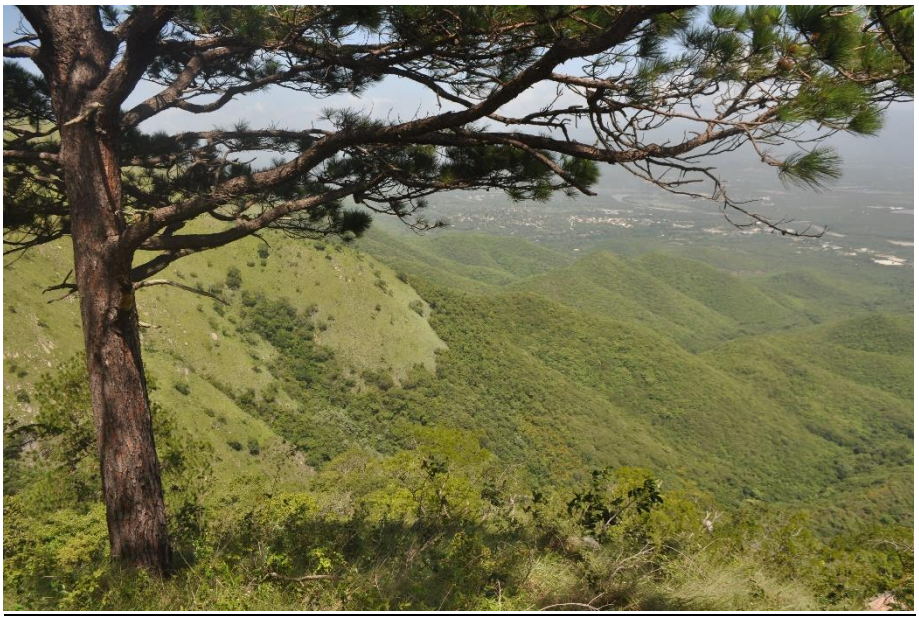


Fotografía. 26. *Hyparrenia rufa* . *Curatello americanae – Byrsonimetum cinereae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 27. *Swietenia humilis* . *Curatello americanae – Byrsonimetum cinereae ass.nova prov.*.



Fotografía. 28. *Pinus oocarpa* y vista general bosque caducifolio. . *Curatello americanae – Byrsonimetum cinereae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Bosques Caducifolios del Valle y planicies



Fotografía. 29. Aspecto general del *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*



Fotografía. 30. Aspecto general *del Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 31. Cerros bajos del valle del Motagua. *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*



Fotografía. 32. Defoliación estacional de *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 33. *Curatella americana*. *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*



Fotografía. 34. *Opuntia decumbens* Cactaceae. *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 35. *Acanthocereus tetragonus*. *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae*



Fotografía. 36. Bosques caducifolios del valle. *Cardiospermo halicacabi – Bucidetum macrostachyae* con *Hechtia guatemalensis*

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



Fotografía. 37. *Pilosocereus leucocephalus* Bosques Caducifolios del Valle.



Fotografía. 38. *Pereskia lychnidiflora* Bosques caducifolios del valle

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

9 BIBLIOGRAFÍA

Academia de Geografía e Historia de Guatemala. (2004). *Diccionario Histórico Biográfico de Guatemala.* (F. R. Lima, Ed.) Guatemala: Asociación de Amigos del País.

Academía de lenguas mayas. (17 de enero de 2018). *Academia de lenguas mayas*. Obtenido de https://www.almg.org.gt/comunidades-linguisticas

Aguilar Cumes, M. A., Aguilar Cumes, J. M., & Aguilar Juárez, J. M. (2010). *Ecosistemas de Guatemala, un enfoque por zonas de vida.* Guatemala, Guatemala.

Aguilar, J. I. (1966). *Relación de unos Aspectos de la Flora útil de Guatemala.* Guatemala: Tipografía Nacional de Guatemala.

Aguilar, M., Aguilar-Cumes, J. M., & Aguilar-Juárez, J. M. (2010). *Ecosistemas de Guatemala. Un enfoque por zonas de vida.* (M. Cifuentes, Ed.) Guatemala, Guatemala: Don Bosco.

Alcaraz Ariza, F. J. (08 de febrero de 2013). Formas vitales, estratificación y fenología. Geobotánica, Tema 8. Murcia, Región de Murcia, España. Obtenido de https://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/tema08.pdf

Alcaraz Ariza, F. J. (2020). Funciones de bioclimatología con el programa R (bh.R, climogram.R, diagram.R, diagrambh.R, indices.R, pmbar.R, psbar.R rivas.R, tmbar.R. Murcia, Región de Murcia , España.

Alcaraz, F. J. (2013). Funciones de bioclimatología con el programa R (bh.R, climogram.R, diagram.R, diagrambh.R, indices.R, pmbar.R, psbar.R rivas.R, tmbar.R. Murcia, Región de Murcia, España. Obtenido de http://www.um.es/docencia/geobotanica/ficheros/bioclima.zip

Bailey , R. G. (1996). *Ecosystem Geography.* New York: Springer-Verlag.

Bardales, W. (marzo de 2016). Base de datos climaticos de Guatemala en formato raster. (Bardales, Entrevistador)

Bardales, W. (1 de Marzo de 2016). Modelo raster climático de Guatemala. Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Bardales, W. A., Castañón, C., & Herrera, J. L. (2019). Clima de Guatemala, tendencias observadas e Índices de cambio climático. En A. P.-E.-A. E. J. Castellanos, *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala* (págs. 20-39). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.

Becquelin, P., & Bosc, E. (1973). Notas sobre los nacimientos de albita y jadeíta de San Cristóbal Acasaguastlan, Guatemala. *Estudios de Cultura Maya, 9*, 67-73. doi:http://dx.doi.org/10.19130/iifl.ecm.1973.9.352

Boshell Villamaría, F. (2018). *Agroclimatología tropical.* Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

Boshell, F. (2018). *Agroclimatología tropical.* Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Box, E. O. (1981). *Macroclimate and plant forms: an introduction to predictive modeling in Phytogeography* (Vol. 1). La Haya, Paises Bajos: DR W. Junk Publisher.

Braun-Blanquet, J. (1979). *Bases para el estudio de las comunidades vegetales.* Madrid: Ediciones Blume.

Bruijnzeel, L. A., Kappelle, M., Mulligan, M., & Scatena, F. (2011). Tropical montane cloud forests: State of knowledge and sustainability perspectives in a changing world. En L. A. Bruijnzeel, F. Scatena, & L. S. Hamilton, *Tropical Montane Cloud Forests.* Cambridge University Press.

Bundschuh, J., & Alvarado, G. E. (2007). *Central America Geology, Resources and Hazards* (Vol. I and II). (J. &.-I. Bundschuh, Ed.) London, United Kingdom: CRC Press.

Cáceres, A., Girón, L., & Castillo Mont, J. J. (1995). Diversidad de la Flora Medicinal de Guatemala. *I Congreso Nacional sobre la Biodiversidad de Guatemala.* Guatemala: Facultad de Agronomia, USAC., Greenpeace (Centro América) y Comisión centroamericana de Ambiente y Desarrollo.

Campbell, J. (1982). *The Biogeography of the cloud forest herpetofauna of middle America,with special to the Sierra de las Minas, of Guatemala.* University of Kansas, Department of Systematics and Ecology and the Faculty of the Graduate School. Kansas City: University of Kansas.

Campbell, J. A. (1982). *The Biogeography of the Cloud Forest Herpetofauna of Middle America, with Special Reference to the Sierra de las Minas of Guatemala.* Doctoral thesis, University of Kansas, Department of Systematics and Ecology and Ecology, Faculty of the Graduate School of the University of Kansa, Kansas. Recuperado el 2018 de junio de 9

Cano, E. (2006). *Biodiversidad de Guatemala* (Vol. I). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Carranza, E. (1 de noviembre de 2007). Familia Convolvulaceae I. *Flora del bajío y de regiones adyacentes*, 1-131.

Carranza, E. (1 de junio de 2008). Familia Convolvulaceae II. *Flora de bajío y regiones adyascentes*(155).

Castañeda Cerna, C. A. (1997). *Estudio florístico en el parque nacional Laguna Lachua, Alta Verapaz, Guatemala.* Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Castañeda Cerna, C. A. (1997). *Estudio florístico en el Parque nacional Laguna Lachua, Alta Verapaz, Guatemala.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Castañeda Salguero, C. (2004). *Árboles y arbustos de los bosques secos de Guatemala.* Guatemala, Guatemala: Instituto Nacional de Bosques, Universidad del Valle de Guatemala, Escuela de Agricultura de Oriente.

Castañeda Salguero, C., & Ayala, H. (1996). *Vida en la zona semiárida de Guatemala, Cuaderno Chac.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Castañeda, C. (2004). *Árboles y arbustos de los bosques secos de Guatemala.* Guatemala, Guatemala: Instituto Nacional de Bosques, Universidad del Valle de Guatemala, Escuela de Agricultura de Oriente.

Castillo-Mont, J. J., Gallardo, N. R., & Johnson, D. (1994). The Pacaya Palm (Chamaedorea Tepejilote; Arecaceae). *Economic Botany*, 68-75.

Celis Barrios, J. A. (2008). *Caracterización del bosque de ribera de las subcuencas del río Uyús, El Progreso y Río Hondo, Zacapa en la región semiárida del valle del Motagua.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía,.

Chicago Natural History Museum. (1963). *Homenage to Standley. Papers in honor of Paul Standley.* (L. O. Williams, Ed.) Chicago, USA: Chicago Naturla History Museum Press.

Chiquín Yoj, M. (2003). *Geología del Cuadrángulo El Progreso.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología. Dirección General de Investigación. Obtenido de https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2002-022.pdf

CONAP. (2008). Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Guatemala.: Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad.

CONAP. (2009). *Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA- y listado especies de Flora y Fauna silvestre CITES de Guatemala.* Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

CONAP. (2013). Implementación del Convenio de Diversidad Biológica en Guatemala: logros y oportunidades. Guatemala. *Políticas, Programas y Proyectos* (01-2013), pág. 132. Recuperado el 10 de noviembre de 2015, de https://www.cbd.int/doc/world/gt/gt-nr-misc-es.pdf

CONAP, & FDN. (2015). *IV Actualizadón Plan Maestro de la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas 2010-2014.* Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza y Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

Croat, T., & Carslen, M. (5 de agosto de 2003). Araceae. *FLora del Bajío y de Regiones Adyascentes*(114), 1-41.

David L. Lentz, N. P. (30 de Diciembre de 2014). Forests, fields, and the edge of sustainability at the ancient Maya city of Tikal. (N. A. Science, Ed.) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111*(52), 18513-8. doi:18513-18518

Davidse, G. (1989). Julian Alfred Steyermark. *Taxon, 38*(1), 160-163. Obtenido de http://www.jstor.org/stable/1220929

Davidse, Gerrit;. (1989). Julian Alfred Steyermark. *Taxon, 38*(1), 160-163. Obtenido de http://www.jstor.org/stable/1220929

De Cáceres , M. (27 de 02 de 2006). GINKGO: Multivariate Analysis System. Barcelona, Cataluña, España.

De la Cruz, R. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento.* Guatemala: Instituto Nacional Forestal.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

Denyer, P. (s/f). *Geología y Geotectónica de América Central y El Caribe.* Universidad de Costa Rica. Escuela Centroamericana de Geología.

Díaz, A. (2017). *Biogeografia*. Recuperado el 27 de febrero de 2019, de 8.6. Clasificaciones bioclimáticas del mundo.: https://biogeografia.net/.

Droege, H., & Suchini, A. (1998). *Plantas monocotiledóneas endémicas y / o amenazadas de Guatemala.* Guatemala: Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Emberger, L. (1983). *Vademécum pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu.* París: CNRS.

Escorza, M. (2010). Notas estadísticas en las referencias a José Longinos Martínez Garrido (1756-1802). *Kalakorikos, 15. 2010, p.: 339-360, 15*, 339-360. Recuperado el 11 de noviembre de 2017, de https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/255376

Espinosa-Organista, D., Aguilar, C., & Escalante, T. (2001). Endemismo, Áreas de Endemismo y Regionalización Biogeográfica. En J. L. Bousquets, & J. Morrone, *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: conceptos, teorías, métodos y aplicaciones* (págs. 31-37). México, D.F.: Las Prensas de Ciencias, UNAM.

Estudillo, V. (2014). *Bloque de Chortis.* Obtenido de https://www.academia.edu/17135623/Bloque_de_Chortis

Farjón, A., Pérez, J., & Styles, B. (1997). *Guía de Campo de los Pinos de México y América Central.* Bruselas: The Botinic Gardens, Kew.

FDN. (2020). *Fundación Defensores de la Naturaleza*. Obtenido de Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas: https://defensores.org.gt/reserva-de-biosfera-sierra-las-minas/

Feddema, J. J. (October de 2005). A Revised Thornthwaite-Type Global Climate Classification. *Physical Geography, 26*(6), 442-466. doi:10.2747/0272-3646.26.6.442

FIPA. (2002). *Análisis de la Biodiversidad en Guatemala.* Guatemala: Fortalecimiento Institucional en Políticas Ambientales, EPIQ, USAID.

Franco, G. (2015). *Elaboración de un Mapa de Clasificación Climática para Guatemala.* Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Galindo Jaimes, L. (2013). *Dinámica de los bosques neotropicales de pinus Quercus: Importancia de la luz y agua en el desempeño de plántulas y juveniles de especies arbóreas.* Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas, Madrid.

García, B. (1998). *Estudio del dosel de la selva nublada del Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal , Lic. Mario Dary Rivera.* Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

García-Fuentes, et al. (2014). Study of the vegetation in the Multiple Use Natural Reserve. *Plant Biosystems- An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology: Official Journal of the Societa Botanica Italiana, 148*, 1064-1074. doi:10.1080/11263504.2013.826295

Gardi, C. A. (Ed.). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe.* L-2995 Luxembourg: Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Gentry, J., & Standley, P. (11 de April de 1974). Flora of Guatemala, Part 10, Numbers 1-2. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 10, 1-2), 151.

Gilberti, G. (1998). Herborización y Herbarios como referencia en Estudios Técnico-Científicos. Herbarios de Ia Argentina. *Dominguezia, 14*(1), 19-39.

Gilman, D. (february de 1894). John Hopkins University From 1873 to 1893. *John Hopkins circular, XIII*(109). Obtenido de https://jscholarship.library.jhu.edu/bitstream/handle/1774.2/32942/I109.PDF

Giménez de Azcárate, J., & Ramírez, I. (2004). Análisis fitosociológico de los bosques de oyamel (Abies religiosa (H.B.K.) Cham & Schelcht) en la Sierra de Angangueo, región central de México. (S. i. Fitosociología, Ed.) *Fitosociologia, 1*(41), 91-100.

Godman, F. D. (1915). Zoology, Botany and Archeology, Introductory Volume. En F. D. Godman, O. Salvin, & F. D. Godman (Edits.), *Biologia Centrali-Americana* (pág. 189). London, United Kingdom.

Gómez-Carrillo, A. (1886). *Estudio Histórico de la América Central.* Madrid: Imprenta de Hernando. Recuperado el 4 de Abril de 2019, de https://archive.org/details/estudiohistric00agus/page/82

Gónzalez, O. (1999). *Estudio Cualitativo de la Composición Forestal Remanente, entre 400 y 1.200 msnm, de la Subcuenca del Río Raxón Tzunun, Reserva de la Biosfera Sierra dea las Minas, Panzos Alta Verapaz, Guatemala.* Facultad de Ciencias y Humanidades, Departamento de Ingeniería Forestal. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

González, O., Estrada, M. C., Mendieta, D. E., & Castillo Mont, J. J. (2009). *Caracterización de la flora del Jardín Botánico Nacional, Finca San Luis Buenavista, Palín, Escuintla, Guatemala.* Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fundación Defensores de la Naturaleza.

Gual-Díaz, M., & González-Medrano, F. (2014). Los bosques mesófilos de montaña en México. En M. G.-D. Rendón-Correa, *Bosques Mesófilos de Montaña de México. Diversidad, ecología y manejo* (págs. 27-69). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Guzmán-Speziale, M. (10 de Diciembre de 2010). Beyond the Motagua and Polochic faults: Active strike-slip faulting along the western North America-Caribean plate boundary zone. *Tectonophysics, 496*(1-4), 17-27. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.tecto.2010.10.002.

Hamilton, L. S., Juvik, J. O., & Scatena, F. N. (1995). The Puerto Rico Tropical Cloud Forest Symposium: Introduction and Workshop Synthesis. En L. S. Hamilton, J. O. Juvik, & F. N. Scatena (Edits.), *Tropical Montane Cloud Forests* (Vol. 110, págs. 1-23). New York: Springer.

Hamsley, W. B. (1888). *Biologia Centrali-Americana: Or, Contributions to the Knowledge of the Fauna and Flora of Mexico and Central America. Botany* (Vol. IV). (G. F.Ducane, Ed., & J. Herrera, Trad.) Londres, U.K., United Kingdom: R. H. Porter and Dulau & Co. Obtenido de https://archive.org/details/cu31924076539844/page/n143

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Heredia Castro, G. (1984). *Zonificación ecológica y reconocimietno de la vegetación de la cuenca del Río Grande de Zacapa.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (30 de Noviembre de 2005). Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas. *Internations Journal of Climatology*(25), 1965-1978. doi:https://doi.org/10.1002/joc.1276

Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. (enero de 2020). *WorldClim*. Recuperado el 15 de Abril de 201, de Global Climate: https://www.worldclim.org/

Hodel, D. R., & Castillo Mont, J. J. (May de 1990.). Aditional New Species of Chamaedorea, (Chamaedorea verapazensis) from Guatemala Especie nueva, . *PHYTOLOGIA An international journal to expedite plant systematic, phytogeographical phytogeographical and ecological publication*(5).

Holder, C. (2004). Rainfall interception and fog precipitation in a tropical montane cloud forest of Guatemala. *Forest Ecology and Management*(190), 373–384. Obtenido de www.elsevier.com/locate/foreco

Holder, C. (2006). The hydrological significance of cloud forests in the Sierra de lasMinas Biosphere Reserve, Guatemala. *Geoforum*(37), 82–93. Obtenido de www.elsevier.com/locate/geoforum

Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida.* (H. Jiménez, Trad.) San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA).

Howard, A. (1936). The Forests and Flora of British Honduras by Standely, Paul; Record, Samuel. *Nature*, 145-146. doi:https://doi.org/10.1038/138145a0

IARNA-URL. (2003). *Estado actual del clima y la calidad del aire en Guatemala. Informe técnico No. 5.* Universidad Rafael Landívar. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

IARNA-URL. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012, Vulnerabilidad local y creciente construcción del riesgo.* Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar.

IARNA-URL. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de vida.* Guatemala: Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar.

IARNA-URL, & IIA. (2006). *Perfi l Ambiental de Guatemala: tendencias y refl exiones sobre la gestión ambiental.* Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), Universidad Rafael Landívar (URL) y Asociación Instituto de Incidencia Ambiental (IIA). Obtenido de https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/FileCS.ashx?Id=41022

IARNA-URL, IIA. (2004). *Perfil Ambiental de Guatemala. Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática.* Universidad Rafael Landívar (URL) y Asociación Instituto de Incidencia Ambiental (IIA), Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), Guatemala. Obtenido de file:///C:/Users/oscar/Downloads/Perfil%20Ambiental%20de%20Guatemala.%20Infor

me%20sobre%20el%20estado%20del%20ambiente%20y%20bases%20para%20su%20evaluaci%C3%B3n%20sistem%C3%A1tica..pdf

IGN. (1962). *Diccionario geográfico de Guatemala.* Instituto Geográfico Nacional, Dirección General de Cartografía. Guatemala: Tipografía Nacional.

INAB, & CONAP. (mayo de 2019). Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2016 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2010-2016. Guatemala, Guatemala, Guatemala. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de http://www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx

INAB, CONAP, UVG, & URL. (Febrero de 2006). Dinámica de cobertura Forestal de Guatemala 1991, 1996 y 2001 Y Mapa de Cobertura Forestal 2001. Fase II Dinámica de la Cobertura Forestal. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Centro América. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de http://www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx

INE. (2014). *Caracterización de la República de Guatemala.* Guatemala: Instituto Nacional de Estadística. Obtenido de https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/26/L5pNHMXzxy5FFWmk9NHCrK9x7E5Qqvvy.pdf

INE. (2018). *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda.* Guatemala: Instituto Nacional de Estadística. Recuperado el 30 de enero de 2020, de https://www.censopoblacion.gt/

INSIVUMEH. (2015). *Variabilidad y cambio climáticoen Guatemala.* Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Obtenido de https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13247.pdf

INSIVUMEH. (2018). Registros de las estaciones meteorológicas de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

Islebe, G. A., Velázquez Montes, J. A., & Cleef, A. M. (1995). High elevation coniferous vegetation of Guatemala. *A phytosociological approach. Vegetatio (cambio de titulo a Plant Ecology 1997, IF 2002 0.991)*, 7-23.

Islebe, G. A.M. Cleef & A. Velázquez. (1994). Especies leñosas de la Sierra de los Cuchumatanes y de la Cadena Volcánica, Guatemala. *Acta Botánica Mexicana*(29), 83-92.

Islebe, G., & Hooghiemstra, H. (1995). Recent Pollen Spectra of Highland Guatemala. *Journal of Biogeography*, 1091-1099. doi:10.2307/2845838

Islebe, G., & Kappelle, M. (February de 1994). A phytogeographical comparison between subalpine forests of Guatemala and Costa Rica. *Feddes Repertorium, 1-2*(105), 73 - 87.

Islebe, G., Cleef, A., & Velásquez, A. (1994). Especies leñosas de la Sierra de los Cuchumatánes y de la Cadena Volcánica, Guatemala. *Acta Botánica Mexicana, 29*, 83-92.

James, K. (2007). Structural geology: From local elements to regional synthesis. En J. &. Bundschuh, *Central America: Geology, Resources and Hazards* (págs. 277-323). Taylor & Francis.

Jardel-Peláez, E. J., Cuevas-Guzmán, R., Santiago-Pérez, A. L., & Rodríguez-Gómez, J. M. (2014). Ecología y Manejo de los Bosques Mesófilos de Montaña en México. En M. Gual-Díaz, & A. Rendón-Correa, *Bosques Mesófilos de Montaña en México: Diversidad,*

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Ecología y Manejo (págs. 141-188). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Jardín Botánico CECON-USAC. (26 de Octubre de 2012). Obtenido de Dr. Ulises Rojas Bendfeldt, su biografía: http://c3.usac.edu.gt/jardinbotanico.usac.edu.gt/public_html/?p=158

JSTOR. (2000). *JSTOR Global Plants*. Recuperado el 17 de abril de 2019, de https://plants.jstor.org/

Köppen , W. (1931). *Grundriss der Klimakunde.* Berlin: Walter de Gruyter.

Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of functional groups* (4 ed.). New York: Springer. doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-05214-3

Linares, J., & Sousa-Sánchez., M. (2007). Nuevas especies de Dalbergia (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica. *Ceiba, 1-2*(48), 61-82.

Loening, J., & Markussen, M. (2003). Pobreza, Deforestación y Pérdida de la Biodiversidad en Guatemala, Discussion Papers. *Ibero America Institute for Economic Research*(91), 46. Obtenido de https://www.econstor.eu/bitstream/10419/85309/1/DB91.pdf

López Fernández, M. L., & López Fernández, M. S. (2008). Ideas básicas de "Global Climatics", del Profesor Salvador Rivas-Martínez. Guía para reconocer y clasificar las unidades bioclimáticas. *Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica*(17), 3-188.

Lundell, C. (1937). *La Vegetación de Petén. Con un apendice Estudio de Plantas Mexicanas y Centroamericanas* (Primera en español ed.). Washigton, D.C., Estados Unidos: Instituto Carnegie de Washigton.

Lundell, C. C., & Swallen, J. R. (1934). Preliminary Sketch of The Phytogeography of The Yucatan Peninsula. *Contributions to American archaeology, 2*(2), 355. Recuperado el 29 de Octubre de 2020, de https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015006928587&view=1up&seq=105

Lundell, C. L. (1937). *La Vegetación de Petén. Con un apendice Estudio de Plantas Mexicanas y Centroamericanas* (Primera en español ed.). Washigton, D.C., Estados Unidos: Instituto Carnegie de Washigton.

Macho-Stadler, M. (2014). *Mujeres Científicas de las Américas.* México: Inter-American Network of Academies of Science. Obtenido de http://ciencia.unam.mx/leer/192/Historias_de_mujeres_cientificas_inspiradoras_y_revolucionarias

Macías Rodríguez, M. Á., Peinado Lorca, M., De Azcárate Cornide, J., Aguirre Martínez, J. L., & Delgadillo Rodríguez, J. (2014). Clasificación Bioclimática de la Vertiente del Pacífico Mexicano y su Relación con la Vegetación Potencial. *Acta Botanica Mexicana*, 133-165.

MAGA. (2000). *Primera Aproximación al Mapa de Clasificación, Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000.* Guatemala: Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA), Guatemala, Ministerio de Agricultura

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Ganadería y Alimentación. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf

MAGA. (2001). *Mapa Fisográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a Escala 1:250.000.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA) y Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID). Guatemala: MAGA, INAB, PAFG.

MAGA. (2015). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la República de Guatemala 2010-2015 a escala 1:50000.* Guatemala: Dirección de Información Goegráfica, Estrategica y Gestión de Riesgos (DIGEGR-MAGA).

Maldonado, L. (1997). La aventura ultramarina de un naturalista calagurritano. *Kalakorikos: revista para el estudio, defensa, protección y divulgación del patrimonio histórico, artístico y cultural de calahorra y su entorno, 2*, 135-152. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/192135.pdf

Maldonado, L. (julio-sep de 2000). La expedición botánica a Nueva España, 1786-1803: el Jardín Botánico y la Cátedra de Botánica. *Historia Mexicana, 50*(1 (197)), 5-56. Obtenido de https://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/view/1290

MARN. (2001). *Primera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Marroni, M., Pandolfi, L., Pincipi, G., Malasoma, A., & Meneghini, F. (16 de january de 2009). Deformation history of the eclogite- and jadeitite-bearing me´lange from North Motagua Fault Zone, Guatemala: insights in the processes of a fossil subduction channel. (W. InterScience, Ed.) *Geological Journal*(44), 167–190.

Martínez Tuna, M. (1999). *Estudio florístico de las comunidades arboreas y arbustivas del norte del Parque Nacional Sierra del Lacandón, Petén.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

McVaugh, R. (25 de October de 1963). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 7, Number 3. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 7,3), 405.

Medina, C. (2016). *Bases para el conocimiento de los pisos bioclimáticos , la vegetación y la flora del occidente de Michoacán (México).* Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.

Medinilla, O. E. (1999). *Estudio florístico de los bosques con dominancia de especies del género Pinus en la microcuenca del río Colorado, río Hondo, Zacapa.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Méndez Hernández, C. A., Coronado, E., & Villar Anleu, L. (1993). *Evaluación Ecológica Rápida de la Reserva de Biosfera "Sierra de Las Minas".* (L. V. Anleu, Ed.) Guatemala, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Centro de Estudios Conservacionistas, Cantro de Datos para la Conservacion.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Miranda, F., & Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences, 28*, 29-179. doi:https://doi.org/10.17129/botsci.1084

Morán, S., Chiquín, L., & Requena, J. (2001). *Mapeo Gelógico de Superficie del Cuadrángulo Granados, escala 1: 5000.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología. Obtenido de https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2000-009.pdf

Morrone, J. (2001). *Biogeografía de América Latina y el Caribe* (Primera ed., Vol. 3). Zaragoza, España: M&T–Manuales & Tesis SEA.

Morrone, J. (23 de 9 de 2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista mexicana de biodiversidad, 76*(2), 207-252. Recuperado el 10 de 1 de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532005000200006

Mueller Dumbois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Mueller, D. Ellenberg H. 1974 Aims and Methods of Vegetation Ecology.* New York, US, New York: John Wiley & Sons.

Nash, D., & Dieterle, J. (20 de October de 1976). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 11, Number 4. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 11, 4), 431.

Nash, D., & Williams, L. (15 de May de 1976). Flora of Guatemala, Part 12. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 12), 603.

Navarro, G., & Maldonado, M. (2002). *Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos.* Cochabamba: Centro de Ecología Simón I. Patiño-Departamento de Difusión.

Niederlein, G. (1898). *The Republic of Guatemala.* The Philadelphia Commercial Museum. Philaldephia, United States of America: The Philadelphia Commercial Museum.

Nottebohm, K., Benchoam, A., & Castillo-Mont, J. (2018). *Explorando los Jardines de Guatema. Del Atlántico al Pacífico.* Guatemala: DEMUSEO.

Nuñez, E., & Santana, A. (2011 de julio de 2011). *EcuRed:Enciclopedia cubana*. Obtenido de Fosa de las Caimán: https://www.ecured.cu/index.php?title=Fosa_de_las_Caim%C3%A1n&action=history

NYBG. (s.f.). *NYBG Steere Herbarium*. Recuperado el 14 de diciembre de 2020, de AnaLu MacVean: http://sweetgum.nybg.org/science/ih/person-details/?irn=127531

OCHA. (2014). *Plan de Respuesta. Canícula Prolongada/Sequía 2014.* Guatemala: Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios y Sistema de las Naciones Unidas. Recuperado el 28 de Septiembre de 2021, de https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/GT_Plan_Respuesta_Canicula_Prolongada_2014.pdf

Oersted, A. (1853). Central Amerika Rubiaceae, etc. (Central America Rubiaceae). (B. a. Reeve, Ed.) *Hooker´s Journal of Botany and Kew Garden Miscellany, V*. Recuperado el 17 de abril de 2019, de https://archive.org/details/mobot31753002356803/page/n1

Øyvind, H., Harper, D., & Ryan, D. P. (2001). Past: Paleontological Statistics Software package for Education and Data Análisis. *Palaeontologia Electronica*, 1-9.

Paredes, S. (2011). *Celebrando el Día de la Biodiversidad: Cómo Veían los Antiguos Mayas su Entorno Natural.* La Ruta Maya Conservation Foundation. Obtenido de https://issuu.com/quelsaguatemala/docs/galeria-39digital/62

Peinado, M., Monje, L., & Martínez, J. M. (2008). *El Paisaje Vegetal de Castilla-La Mancha. Manual de Geobotánica.* (C. d.-C. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Ed.) Cuarto Centenario.

Pérez Estudillo, V. (2014). *Bloque de Chortis.* Obtenido de https://www.academia.edu/17135623/Bloque_de_Chortis

Pérez, L. &. (2008). Paleoclima y pale-oecología de las tierras bajas del norte de los neotrópicos: investigación limnológica y extracción de sedimentos del lago Petén Itzá (Guatemala). *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 65-83. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318392803_Paleoclima_y_paleoecologia_de_las_tierras_bajas_del_norte_de_los_neotropicos_investigacion_limnologica_y_extraccion_de_sedimentos_del_lago_Peten_Itza_Guatemala

Perrot Minnot, S. (2013). *La cultura Clovis en América Central.* Schoelcher, La Martinica.

Pineda, R. (2004). *Estudio florístico de las especies arbóreas y arbustivas en el área intangible del volcán, Ipala, Chiquimula y Agua Blanca, Jutiapa.* Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

PNUD. (2013). *Evaluación del bienestar humano y ambiente en el corredor seco oriental de Guatemala* (Primera ed.). Guatemala, Guatemala: Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (9929-8134).

PNUD. (2016). *Más allá del conflicto, luchas por el bienestar. Informe Nacional de Desarrollo Humano 2015/2016.* Guatemala: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Ponciano, I., Suchini, A., Corado, E., & Lou, S. (2001). *Evaluación y conocimiento del patrimonio florístico de Guatemala (Fase I).* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Centro de Estudios Conservacionistas. Obtenido de http://168.234.106.70/library/images/8/86/FODECYT_2000.63.pdf

Porón Valdez, J. C. (2011). *Análisis de la riqueza florística del bosque seco de la finca San Miguel, municipio de Sanarate, El Progreso, Guatemala C.A.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Portig, W. H. (1965). Central American Rainfall. (L. Taylor & Francis, Ed.) *Geographical Review, 55*(1), 68-90. doi:10.2307/212856

Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer.* Oxford, United Kingdom: Clarendon Press.

Rivas-Martínez S., Navarro, G., Penas A. y Costa M. (2011). Biogeographic map of South America. A prelimnary surver. *1*(International Journal of Geobotanical Research), 21-24. Recuperado el 26 de march de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/236670906_Biogeographic_Map_of_South_America_A_preliminary_survey

Rivas-Martínez, S. (1988). Bioclimatología, biogeografía y series de vegetación de Andalucía Occidental. *Lagascalia, 15*(Extra 1), 91-119. Recuperado el 1 de febrero de 2020, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=638789

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO

Rivas-Martínez, S. (1995). La Fitosociología en España. *Acto de investidura Doctor Horis Causa.* Bilbao: Centro de Investigaciones Fitosociológicas. Recuperado el 25 de octubre de 2021, de https://www.globalbioclimatics.org/book/claves1.htm

Rivas-Martínez, S. (27 de 08 de 2004). Clasificación Bioclimática de la Tierra. Madrid, España: Centro de Investigaciones Fitosociológicas.

Rivas-Martínez, S. (1 de 12 de 2008). Clasificación Bioclimática de la Tierra. Madrid, España: Centro de Investigaciones Fitosociológicas.

Rivas-Martínez, S. (01 de 12 de 2008). Tipología biogeográfica regional de la Tierra. *Worldwide Bioclimatic Classification System(4)*. Spain: Global Bioclimatics. Obtenido de https://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/bioc_2008_04.pdf

Rivas-Martínez, S. (2010). *Sinopsis bioclimática de la tierra y mapas bioclimáticos de Suramérica.* Madrid, España: Real Académia de Farmacia.

Rivas-Martínez, S., & Rivas-Saénz, S. (1996-2020). *Worldwide Bioclimatic Classification System*. (Phytosociological Research Center) Recuperado el 10 de agosto de 2019, de http://www.globalbioclimatics.org

Rivas-Martinez, S., & Tovar, O. (1983). Síntesis Biogeográfica de los Andes. *Collectanea Botánica*(14), 515-521.

Rivas-Martínez, S., Navarro, G., Penas, Á., & Costa, M. (2011). Biogeographic map of South America. A preliminary survey. *Inter. J. Geobot. Research*(1), 21-40.

Rivas-Martínez, S., Rivas-Saénz, S., & Penas, Á. (2011). Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany*(1), 1-634.

Rivas-Martínez, S., Sánchez Mata, D., & Costa, M. (1999). North American boreal and western temperate forest vegetation (Sintaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, II). *Itinera Geobotánica*(12), 5-316.

Rodíguez Sandoval, E. R. (2004). *Estudio florístico de las comunidades vegetales del bosque comunal de la aldea Campat, San Juan Chamelco, Alta Verapaz /.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rodríguez Bracamonte, F. (1981). *Análisis florístico y estructural de las comunidades vegetales del biotopo La Avellana-Monterrico.* Guatemala: Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rodríguez López, E. J. (1995). *Estudio florístico y de uso de los estratos arbustivo y arbóreo del bosque de coníferas de la finca Chaculá, Nentón, Huehuetenango.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rodríguez, M. (junio de 1939). Conferencia del Dr. Mariano Rodríguez Rossignon, catedrático de Zoología Médica en la Facultad de Ciencias Médicas, sobre la parte que a esa materia corresponde en "Biología Centrali-Americana" de Godman y Salvin. *Anales de la Sociedad de Geografía e Historia, XV*(4), 441-445.

Rodríguez-Rossignon, M. (junio de 1939). Conferencia del Dr. Mariano Rodríguez Rossignon, catedrático de Zoología Médica en la Facultad de Ciencias Médicas, sobre la parte que a

esa materia corresponde en "Biología Centrali-Americana" de Godman y Salvin. *Anales de la Sociedad de Geografía e Historia*, págs. 441-445.

Rojas, U. (1936). *Elementos de Botánica General* (Vol. III). Guatemala: Tipografía Nacional de Guatemala.

Rojas, U. (4 de junio de 1939). Conferencia del profesor Ulises Rojas, a nombre de la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia, acerca de la parte Botánica de "Biología Centrali-Americana", en el acto a que se refiere el discurso anterior. *Anales de la Sociedad de Geografía e Historia, XV*(4), págs. 446-452. Recuperado el 11 de marzo de 2014, de https://archive.org/details/AnalesAGHGTomoXVAnyoXVNo4Junio1939

Rosito Monzón, J. C. (1999). *Estudio florístico de la comunidad del Cipresillo (Taxus globosa Schlecht), en los cerros Pinalón, Guaxabajá y Mulujá en la Sierra de las Minas.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Agronomía.

Rosito Monzón, J. C. (2010). *Sistematización de información ecohidrológica de la Reserva e la biosfera Sierra de las Minas.* Guatemala: Fondo del Agua, Fundación Defensores de la Naturaleza.

Rossignon, J. (1869). *Manual de cultivo del café, cacao, vainilla y tabaco en la América Española : Comprendiendo el estudio químico de dichas sustancias y su influencia en la higiene.* Paris, Francia: TYP. Walder. Recuperado el 16 de enero de 2014, de https://archive.org/search.php?query=julio%20rossignon

Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*(14), 3-21.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad.

Salinas, J. F. (1976). *Análisis florístico y estructural del biotopo protegido de Purulha para la conservación del quetzal* . Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Salvatierra, N. (2021). *Estudio de la vegetación arbórea asociada al género Bursera, en el parque regional municipal "Niño Dormido", cabañas, Zacapa, Guatemala, C.A.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

San Emeterio, L. (2001). *Estudio de la Flora y la Vegetación del las cuencas Juan De Paz y Las Cañas, Sierra de las Minas, Guatemala.* Universidad de Navarra. Pamplona, España: Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias.

Sánchez-González, A., & Ledesma, M. G. (2007). Técnica de recolecta y herborización. En A. Contreras-Ramos, C. Cuevas, I. Goyenechea, & U. Iturbide (Edits.), *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad* (págs. 123-133). Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Sanderson, M. (1 de april de 1999). The Classification of Climates from Pythagoras to Koeppen. *Bulletin of the American Meteorological Society, 80*(4), 669-674.

Sapper, K. (Junio de 1929). La América Central, -configuración de las costas y del relieve-. *Anales de la Sociedad de Geografía e Historia, V*(V), 370-374. Obtenido de

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

https://archive.org/details/AnalesAGHGTomoVAnyoVNo4Junio1929/mode/2up/search/sapper

Sarmiento, F. (1974). *Diccionario de Ecología.* Quito, Ecuador: Universidad de las Naciones Unidas y Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América.

Schuster, J. C., & Cano, E. B. (2006). "WHAT CAN SCARABAEOIDEA CONTRIBUTE TO THE KNOWLEDGE OF THE BIOGEOGRAPHY OF GUATEMALA?". *Entomology Papers from Other Sources*, 60. Obtenido de https://digitalcommons.unl.edu/entomologyother/142/?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fentomologyother%2F142&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala. (2009). *Análisis de la Situación de País. Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala.* Ofi cina del Coordinador Residente de las Naciones Unidas en Guatemala. Recuperado el 9 de septiembre de 2016, de https://www.undp.org/content/dam/guatemala/docs/marcolegal/UNDP_GT_An%C3%A1lisis%20de%20la%20situaci%C3%B3n%20de%20Pa%C3%ADs.pdf

Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala. (2014). *Guatemala: Análisis de la Situación de País. Guatemala: Common Country Assesment.* Guatemala: Oficina de la Coordinadora Residente (OCR). Recuperado el 18 de marzo de 2018, de https://onu.org.gt/wp-content/uploads/2016/04/Estudio-de-Situacion-Guatemala.compressed.pdf

Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys* (2nd edition ed.). Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture.

Solari, A. L., Gómez Tuena, A., Ortega Gutierrez, F., & Ortega Obregón, C. (septiembre-diciembre de 2011). The Chuacús Metamorphic Complex, central Guatemala: geochronological and geochemical constraints on its Paleozoic - Mesozoic evolution. (U. d. Barcelona, Ed.) *Geologica Acta: an international earth science journal, 9*(3-4), 329-350.

Sosa Madrid, E. (23 de febrero de 2018). Sitios de con mayor presencia de incendios en la Sierra de la MInas. (O. E. Medinilla Sánchez, Entrevistador)

Souza, P. (1945). Samuel James Record, M. F., M. A., PH. D. Diretor da Escola de Silvicultura da Universidade de Yale — Estados Unidos 1881 – 1945. *Rodriguésia*, 117-123.

Stafleu, F., & Cowan, R. .. (1976). *International Association for Plant Taxonomy. Taxonomic Literature. A Selective Guide to Botanical Publications and Collections with Dates, Commentaries and Types.* Utrech, Netherlands. Recuperado el 15 de enero de 2019, de https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/48631#/details

Stafleu, F., & Mennega, E. (1997). *Taxonomic Literature.* Konigstein, Germany: Koeltz Scientific Books. Recuperado el 23 de 04 de 2014, de https://ia800202.us.archive.org/8/items/taxonomicliterat00sta/taxonomicliterat00sta.pdf

Standley, P. (1927 a). Poisonus Trees of Central America. *Tropical Woods*(9), 3-7. Recuperado el 24 de abril de 2019, de http://www.iawa-website.org/uploads/soft/download/tropical_woods/Tropical%20Woods%201927_9-12.pdf

Standley, P. (1927 b). *New or Otherwise Interesting Trees and Shrubs Collected in Guatemala and Honduras in 1927 by Samuel J. Record and Henry Kuylen.* New Heaven: Yale University and School of Forestry. Recuperado el 04 de 27 de 2019, de http://www.iawa-website.org/uploads/soft/download/tropical_woods/Tropical%20Woods%201927_9-12.pdf

Standley, P., & Stermark, D. (27 de August de 1946 b). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 5. *Fieldiana Botany, 24*(Part 5), 502.

Standley, P., & Stermark, D. (29 de August de 1958). Flora of Guatemala, Volume 24, part. 1. *Fieldiana Botany, 24*(1), 478.

Standley, P., & Steyermark, D. (11 de April de 1946 a). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 4. *Fieldiana Botany, 24*(Part 4), 493.

Standley, P., & Steyermark, D. (27 de December de 1949). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 6. *Fieldiana Botany, 24*(6), 440.

Standley, P., & Steyermark, D. (25 de April de 1952). Flora of Guatemala, Volume 24, part.3. *Fieldiana Botany, 24*(Part 3), 432.

Standley, P., & Steyermark, J. A. (1946-1977). *Flora of Guatemala.* Chicago: Field Museum.

Standley, P., & Williams, L. (13 de December de 1961). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 7, Number 1. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 7, 1), 185.

Standley, P., & Williams, L. (26 de Janury de 1962). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 7, Number 2. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 7, 2), 281.

Standley, P., & Williams, L. (18 de November de 1963). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 7, Number 4. *Fieldiana Botany*, 570.

Standley, P., & Williams, L. (5 de May de 1967). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 8, Number 3. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 8,3), 261.

Standley, P., & Williams, L. (16 de June de 1975). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 11, Numbers 1-3. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 11, 1-3), 274.

Standley, P., Williams, L., & Gibson, D. (30 de June de 1969). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 8, Number 4. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 8, 4), 474.

Standley, P., Williams, L., & Gibson, D. (26 de June de 1970). Flora of Guatemala. Part 9, Number 1-2. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 9, 1-2), 236.

Standley, P., Williams, L., & Gibson, D. (30 de April de 1973). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 9, Numbers 3-4. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 9, 3-4), 418.

Standley, P., Williams, L., & Lundell, C. (24 de February de 1966). Flora of Guatemala, Volume 24, Part 8, Number 1. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 8,1), 210.

Standley, P., Williams, L., & Nash, D. (17 de Junio de 1974). Flora of Guatemala, Part 10, Numbers 3-4. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 10, 3-4), 466.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Stevens, P. (14 de july de 2017). *Angiosperm Phylogeny Website, version 14*. Obtenido de http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html

Stolze, R. (8 de December de 1976). Fern and Fern Allies of Guatemala: Ophioglossaceae trough Cyatheaceae. *Fieldiana: Botany, 39*(Part 1), 130.

Stolze, R. (17 de April de 1981). Fern and Fern Allies of Guatemala, Part II. Polyodiaceae. *Fieldiana: Botany, 39*(Part 2), 522.

Stolze, R. (31 de August de 1983). Fern and Fern Allies of Guatemala: Marsileaceae, Salviniaceae and Fern Allies. *Fieldiana: Botany, 39*(Part 2), 91.

Suchini Farfán, A. E., Corado, E., Rosales, C., Cazali, G., De Poll, E., Véliz Pérez, M. E., . . . Marroquín, A. (1999 a). *Regiones de mayor endemismo florístco de Guatemala.* Guatemala: Centro de Estudios Conservacionistas, USAC.

Suchini Farfán, A. E., Coronado Juárez, L. E., Rosales, A. C., Cazali, G. M., Lou Vega, S., de Pöll, E., . . . Marroquín Juárez, A. (1999 b). *Evaluación y conocimiento del patrimonio florístico de Guatemala (Fase II).* Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Programa de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente, Centro de Estudios Conservacionistas. Guatemala: Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/RESUMEN/inf9905.htm

Suchini, A. E., & Rosales, A. C. (2003). *Proyecto No. 63-00 endemismo florístico en el norte de la reserva de la biosfera Sierra de las Minas.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Centro de Datos para la Conservación.

Swallen, J., & Maclure, F. (10 de November de 1955). Flora of Guatemala, volume 24, part.2. Grasses of Guatemala. *Fieldiana Botany, 24*(2), 390.

Taube, K., Hruby, Z., & Romero, L. (2004). Fuentes de Jadeíta y Antiguos Talleres: Un Reconocimiento, Arqueológico en el Curso Superior del Río El Tambor, Guatemala. En Z. X. Hruby, G. E. Braswell, & O. C. Mazariegos, *The Technology of Maya Civilization Political Economy Amd Beyond in Lithic Studies* (A. Lomónaco, Trad.).

Theurillat, J.-P., Willner, W., Fernández-González, F., Bültmann, H., Čarni, A., Gigante, D., . . . Weber, H. (2020). International Code of Phytosociological Nomenclature. 4th edition. *Vegetation Science, 24*(2), 1-62. doi:10.1111/avsc.12491

Thornthwaite, C. W. (January de 1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. (A. G. Society, Ed.) *Geographical Review, 38*(1), 55-94. doi:10.1097/00010694-194807000-00007

Thornthwaite, C. W., & Hare, F. K. (Junio de 1955). La clasificación climatológica en dasonomía. (F. -O. Alimentación, Ed.) *Unasylva, 9*(2). Recuperado el 10 de enero de 2020, de http://www.fao.org/3/x5375s/x5375s00.htm#Contents

Troll, C. (1966). Seasonal climates of the Earth. The seasonal course of natural phenomena in the different climatic zones of the Earth. En E. Rodenwaldt, & H. Jusatz (Edits.), *World maps of climatology* (3 ed.). Berlin: Springer Verlag.

Troll, C. (1968). The Cordilleras of the tropical Americas, aspect of climatic, phytogeographical and agrarian ecology. En C. Troll (Ed.), *Geo-ecology of the mountainous regions of the tropical Americas* (págs. 15-56). Bonn: Ferd. Dümmlers Verlag.

Tuhkanen , S. (1980). Climatic parameters and indices in Plant Geography. *Acta Phytogeographica Suecica*(67), 9-109.

Udvardy, M. (1975). A Classification of the Biogeographical Provinces of the World, Prepared as a Contribution to UNESCO's "Man and the Biosphere Programme", Proyecto n.º 8. *IUCN, Occasional Paper*(18).

Ulloa Ulloa, C. (22 de diciembre de 2017a). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science, 358*(6370), 1614-1617.

Ulloa Ulloa, C. (22 de Diciembre de 2017b). Supplementary Materials for An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science, 358*(1614).

UVG. (2017). *Universidad del Valle Guatemala*. Obtenido de Universidad del Valle Altiplano: http://www.uvg.edu.gt/personaje/margaret_dix.html

Van der Maarel, E., & Franklin, J. (2013). *Vegetation Ecology.* John Wiley & Sons.

Vargas Ponce, J. M. (1999). *Caracterización de las comunidades vegetales asociadas a las familias Lophosoriaceae, Dicksoniaceae y Cyatheaceae, en el bosque nublado de la microcuenca Río El Naranjo en la Sierra de las Minas.* Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Vargas Ulate, G. (1997). La Vegetación de América Central: Características, Transformaciones y Protección. *Anuario de Estudios Centroamericanos*(1-2), 7-34.

Velásquez, A., & Islebe, G. (1995). Comparación Fitogeográfica entre las montañas del centro de México y Guatemala. *Caldasia*(17), 82-85: 501-508.

Velenzuela de Pisano, I. (1996). *Agricultura y bosque en Guatemala. Estudio de caso en Petén y Sierra de Las Minas.* (M. Aragón, Ed.) Guatemala, Guatemala: UNRISD/WWF, Universidad Rafael Landivar.

Véliz M.,Vargas J. (2006). *Helechos arborescentes de Guatemala: distribución, diversidad, uso y manejo.* Guatemala: Unidad de Investigación Herbario BIGU, Universidad de San Carlos.

Veliz Pérez, M. E. (2007). Nuevas especies del género Peperomia (Piperaceae) de Centro América. *Cactus Aventures Internacional*, 2-13.

Véliz Pérez, M. E. (2008). *Las Cactáceas de Guatemala.* Guatemala, Guatemala: Unidad de Investigación, Herbario BIGU, Escuela de Biología, Facultad de CC. QQ. y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Véliz Pérez, M. E. (2008). *Las Cactáceas de Guatemala.* Guatemala, Guatemala: Unidad de Investigación, Herbario BIGU, Escuela de Biología, Facultad de CC. QQ. y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Véliz Pérez, M. E. (2010). *Guía de Reconocimiento del Género Tillandsia de Guatemala.* Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

Veliz Pérez, M. E., & Vargas Ponce, J. M. (2006). *Helechos arborescentes de Guatemala: distribución, diversidad, uso y manejo.* Guatemala: Unidad de Investigación Herbario BIGU, Universidad de San Carlos.

Véliz Pérez, M. E., Gallardo, N. R., Vásquez Gil, M. G., & Luarca Soberanis, R. (2001). *La vegetación montana de Guatemala.* Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Herbario BIGU. Guatemala: Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Véliz Pérez, M. E., López López, J. E., Velásquez Méndez, L. E., Maza Vivar, J. A., & Ambrocio, A. L. (2013). *Determinación. caracterización y evaluación del estado actual y uso de especies endémicas de Guatemala.* Guatemala: Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- Consejo Nacional de Ciencia y Técnología -CONCYT-.

Véliz Pérez, M. E., Ramírez, F., Cobar, A. J., & García Vettorazi, M. (2003). *La diversidad Florística del Monte Espinoso de Guatemala.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Herbario BIGUA, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia . Guatemala: Dirección General de Investigación-DIGI-. Obtenido de https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2003-029.pdf

Véliz, M. (2010). *Guía de Reconocimiento del Género Tillandsia de Guatemala.* Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.

Véliz, M. et al. (2013). *Determinación. caracterización y evaluación del estado actual y uso de especies endémicas de Guatemala.* Guatemala: Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, -FONACYT-, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- Consejo Nacional de Ciencia y Técnología -CONCYT-.

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 87*(3), 559-902.

Walter, H. (1985). *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-biosphere.* Berlin: Springer-Verlag.

Walter, H., & Box, E. (1976). Global classification of natural terrestrial ecosystems. *Vegetatio*(32), 75-81.

Westhoff, V., & van der Maarel, E. (1978). The Braun-Blanquet approach. En R. H. Whittaker (Ed.), *Classification of plant communities* (first ed., págs. 287-399). The Hague: Dr W. Junk Publishers. doi:10.1007/978-94-009-9183-5

Williams, T. (31 de May de 1977). Comprehensive Index to the Flora of Guatemala. *Fieldiana: Botany, 24*(Part 13), 266.

WorldCat. (21 de Septiembre de 2020). *WorldCat*. (O. C. Center, Productor) Obtenido de José Ignacio Aguilar G.: http://worldcat.org/identities/lccn-no98095226/

Zamudio, G. (2011). Los pintores de la Real Expedición Botánica a Nueva España (1787-1803). En M. a. LOPES, *Colecionismos, práticas de campo e representações* (págs. 31-41). Campina Grande, Brasil: EDUEPB. Recuperado el 23 de mayo de 2018, de http://books.scielo.org

Agradecimientos

A:

Mi esposa Gloria Isabel, por tu amor, apoyo y siempre estar a mi lado. Sin ti nada de esto sería posible.

Mis padres: Oscar y Hortencia, por sus consejos y amor.

Mis hijas: Andrea y Ximena, por su cariño y acompañamiento.

Mis hermanos y hermanas: Ivonne†, Brenda, Herbert, Sarita y Julio, por su cariño y palabras de aliento.

Ana Lucrecia, por su apoyo incondicional.

Pablo, Miguel, Juan, Lourdes, Kendyl, Zahe, Juan Pablo, Nicolás, Adriana y Andrés, por su cariño. Que este trabajo les sirva de inspiración.

Mi querido maestro y amigo Joaquín Giménez de Azcárate, infinitas gracias por sus enseñanzas, apoyo incondicional y su paciencia. Este trabajo es en gran medida gracias a él.

Doña Dalila y mi abuelita Laurita†. Por sus dulces palabras de aliento.

Ernesto Carrillo†, maestro que me mostró el amor por la plantas.

Don Beto Morales†. Mi querido amigo se la debía.

David y Stephano

Mi familia y amigos del alma que siempre confiaron y apoyaron mi trabajo. Un abrazo al cielo a los que ya no están en este plano con nosotros.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Al noble pueblo de Guatemala, que me dio el apoyo para desarrollar mis estudios.

Al Pueblo de España y en especial al pueblo gallego, que permitieron que este servidor pudiera estudiar en la USC.

A la Universidad de Santiago de Compostela, por abrir sus puertas y brindarme un mundo de nuevos conocimiento.

Al Departamento de Botánica y al programa de Doctorado en Biodiversidad y Conservación del Medio Natural del Departamento de Zoología, Genética y Antropología Física de la Facultad de Biología. A mi amigo y ex coordinador del programa José Carlos Otero, así como al Doctor Jesús Domínguez Conde, actual director del programa y a los estimados profesores María Inmaculada Romero y Javier Amigo Vásquez. A todos infinitas gracias por siempre creer en mí y brindarme los apoyos necesarios para culminar mi trabajo doctoral.

A la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala por todo el apoyo brindado a lo largo de todos estos años. Con especial agradecimiento a los Doctores Ariel Abderramán Ortiz†, Lauriano Figueroa y los ingenieros Mario Godínez, exdecanos de la Facultad. Así también al Ingeniero Waldemar Nufio Reyes, decano.

A la Junta Directiva de la Facultad, así como a los coordinadores del Área de Ciencias y de la Subárea de Ciencias Biológicas, por su apoyo incondicional.

Mi reconocimiento a los colegas David Elías Mendieta, Juan José Castillo del Herbario AGUAT, Mario Véliz del Herbario BIGU, Jorge Mario Vargas por su apoyo en la determinación botánica y consejos. A María José Hernández, Lourdes María Asturias, Nery Salvatierra, Astrid Tojín, Melissa Morales, Andrea Mirón y a quienes apoyaron este trabajo.

A la Fundación Defensores de la Naturaleza por su apoyo logístico, especialmente a Oscar Nuñez, exdirector ejecutivo, Javier Márquez director ejecutivo, César Tot, Danilo Saavedra, Edwin Sosa, Heidy García, Don Tito Marroquín y otras personas que estuvieron acompañando el proceso.

A mi amigo Profesor Antonio García de la Universidad de Jaén, por sus enseñanzas y buenos consejos.

A la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo por apoyar en parte de este estudio.

A todas las personas que me han apoyado y a quienes sin el afán de obviarlos no mencioné mi agradecimiento eterno.

USC
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

La Sierra de las Minas (Oriente de Guatemala) es un sistema orográfico de más de 3000 m con una compleja y rica biodiversidad, derivada de su historia y posición biogeográfica entre el Corredor Seco y el mar Caribe, y que conecta la zona más árida del país con una de la más lluviosas. A través del estudio y caracterización geobotánica de los diferentes tipos de vegetación potencial del territorio de estudio, se identifican las asociaciones vegetales más representativas y su vínculo con las unidades bioclimáticoa (bioclimas e isobioclimas). La información sobre la biodiversidad vegetal de la zona se completa con la elaboración de un catálogo florístico provisional obtenido tanto de registros propios como de la información publicada al respecto.