

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS
Y CAMBIO CLIMÁTICO**

TESIS

**“LA GEODIVERSIDAD COMO INDICADOR DE PAISAJES DE
ALTO PATRIMONIO NATURAL ASOCIADO AL
AGROSISTEMA FORESTAL (SAF) CACAOTAL DE LAS
CUENCAS RIBERA EL CERRO 1ERA Y 2DA SECCIÓN,
MUNICIPIO DE PICHUCALCO, CHIAPAS”**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO
CLIMÁTICO**

**PRESENTA
BIÓL. LUIS ENRIQUE FLORES HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR:
DR. HORACIO MORALES IGLESIAS**

**CO-DIRECTOR:
DR. LUIS GIOVANNI RAMÍREZ SÁNCHEZ**

**ASESOR:
DRA. ANDREA VENEGAS SANDOVAL**



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

MARZO, 2026.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA

Dirección de Investigación y Posgrado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 24 de marzo de 2026

Oficio No. SA/DIP/0415/2026

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Luis Enrique Flores Hernández

CVU: 1248621

Candidato al Grado de Maestro en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

UNICACH

Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **La Geodiversidad como indicador de paisajes de alto patrimonio natural asociado al agrosistema forestal (SAF) cacaotal de las cuencas Rivera el Cerro 1era y 2da sección, municipio de Pichucalco, Chiapas** y como Director de tesis el Dr. Horacio Morales Iglesias (CVU: 922632) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Gestión de Riesgos y Cambio Climático**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento, así como entregar en esta Dirección una copia de la *Constancia de Entrega de Documento Recepcional* que expide el Centro Universitario de Información y Documentación (CUID) de esta Casa de estudios, en sustitución al ejemplar empastado.

ATENTAMENTE
"POR LA CULTURA DE MI RAZA"

Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. Mtra. Ana Lucía López Pimentel, Encargada de la Dirección del Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

EPL/DKRL/igp/gtr



2026, Año de Margarita Maza
Año de Jaime Sabines



Ciudad Universitaria, Libramiento Norte
Poniente 1150, Col. Lajas Maciel
C.P. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Tel: (961) 6170440 Ext. 4360
investigacionyposgrado@unicach.mx



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

AGRADECIMIENTOS.

Jehová es mi fortaleza y mi escudo; en él confió mi corazón, y fui ayudado, por lo que se gozó mi corazón, y con mi cántico le alabaré (Salmo 28:7).

¿Qué somos sin el soplo de aliento de Dios? Agradezco a mi Padre celestial por permitirme vivir este momento y por darme la dicha de concluir este trabajo, fruto de las bendiciones con las que ha colmado mi vida. Gracias, Señor Dios mío, por nunca abandonarme.

Quiero expresar mi gratitud a mi familia, quienes constituyen una parte fundamental de mi vida. En primer lugar, a mi madre, doña Marbella Hernández, por inculcarme, con su ejemplo y amor, los valores que me han formado como persona. A mis hermanos, Juan de Dios y José Manuel, por cuidarme y brindarme siempre su apoyo. A mis abuelitos, don Guadalupe (†) y doña Juanita (†), quienes despertaron en mí el amor por la naturaleza y el campo, y a quienes llevaré siempre en mi corazón.

Agradezco al Dr. Horacio Morales Iglesias por su tiempo y dedicación en la dirección del presente trabajo, así como por permitirme conocer el vasto mundo de la Geografía del Paisaje, que hoy forma parte esencial de mi desarrollo profesional. De igual manera, al Dr. Luis Giovanni Ramírez Sánchez y a la Dra. Andrea Venegas Sandoval, por sus valiosos comentarios, que contribuyeron a enriquecer esta investigación.

Asimismo, deseo expresar mi agradecimiento a la Dra. Marisol Castro Moreno y al Dr. Iván de la Cruz Chacón, adscritos al Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH, por haberme brindado la oportunidad de realizar una movilidad estudiantil bajo su tutela. Esta experiencia formativa me permitió desarrollar el análisis estadístico, el cual constituye una parte esencial del presente trabajo de investigación.

Doy gracias a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), mi alma mater, por abrirme sus puertas primero en la licenciatura y ahora en la maestría, y por motivarme a poner siempre en alto el nombre de esta, mi segunda casa. Asimismo, al Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IIGERCC), por brindarme la oportunidad de alcanzar el grado de Maestro bajo la guía de sus catedráticos.

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado, el cual permitió financiar mi formación como maestrante, adquisición de equipos y el desarrollo de una parte importante de este trabajo de investigación.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Expreso también mi gratitud a mi mentor en el ámbito laboral, el Arq. Roberto Radamés Román Cadenas, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente y por motivarme a continuar preparándome académicamente.

Finalmente, agradezco a mi mejor amigo y hermano, el Ing. Darinel Paz Martínez, por su sabiduría, sus consejos de vida y su apoyo en los momentos más difíciles. Asimismo, a mis compañeros de la maestría, con especial aprecio al MGRyCC Belisario Reyes y Obed Gutiérrez, así como a los ingenieros Daniel Roveló y José Antonio Villalobos. De manera general, agradezco a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, contribuyeron con su granito de arena en la realización de este trabajo, el cual espero sea motivo de orgullo para todos.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICE.

1.	<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	3
2.	<u>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</u>	6
	2.1. LA GEOGRAFÍA DEL PAISAJE: DESDE LA APRECIACIÓN ESTÉTICA HACIA EL RIGOR CIENTÍFICO.....	6
	2.1.1 ANTECEDENTES.....	6
	2.1.2 TRANSICIÓN DE LA GEOGRAFÍA DEL PAISAJE A LA GEOECOLOGÍA.....	7
	2.2. EL PAISAJE FÍSICO GEOGRÁFICO (PFG).....	9
	2.2.1 ¿QUÉ ES UN PFG?	9
	2.2.2 TIPOS DE PAISAJE FÍSICO GEOGRÁFICO.....	10
	2.2.3 TAXONOMÍA DEL PAISAJE.....	11
	2.2.4 EL ECOSISTEMA Y SU RELACIÓN CON EL PAISAJE.....	13
	2.3 EL ELEMENTO VIVO DEL PAISAJE: LA BIODIVERSIDAD.....	15
	2.3.1 ACEPCIONES Y GENERALIDADES.....	15
	2.3.2 ¿CÓMO SE MIDE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA?.....	16
	2.3.3 SITUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN MÉXICO Y CHIAPAS.....	17
	2.3.4 UN ALIADO PARA LA CONSERVACIÓN: EL AGROSISTEMA FORESTAL (SAF). ..	18
	2.3.5 EL CACAO (<i>THEOBROMA CACAO</i> L.).....	19
	2.5.3 IMPORTANCIA ECOLÓGICA, SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL DEL SAF CACAOTAL.....	19
	2.5.4 SITUACIÓN DEL CACAO EN MÉXICO Y CHIAPAS.....	21
3.	<u>ANTECEDENTES.....</u>	22
	3.1 ESTUDIOS REALIZADOS A NIVEL NACIONAL.....	23
	3.2 ESTUDIOS REFERENTES AL ANÁLISIS DE LA HETEROGENEIDAD DEL PAISAJE Y SU RELACIÓN CON LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA.....	24
	3.3 ESTUDIOS ESPECÍFICOS PARA EL ESTADO DE CHIAPAS.....	25
	3.4 ESTUDIOS REALIZADOS EN LOS AGROSISTEMAS FORESTALES (SAF) CACAOTALES.....	26
4.	<u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</u>	27
5.	<u>JUSTIFICACIÓN.....</u>	28
6.	<u>HIPÓTESIS & PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....</u>	29
	6.1 HIPÓTESIS.....	29
	6.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	29
7.	<u>OBJETIVOS.....</u>	30
	7.1 OBJETIVO GENERAL.....	30
	7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

8. MÉTODO	30
8.1 ÁREA DE ESTUDIO.	30
8.2 MÉTODO.	33
8.2.1 RECOPIACIÓN CARTOGRÁFICA.	35
8.2.2 ELABORACIÓN DEL MAPA DE PAISAJES.	36
8.2.3 LEVANTAMIENTOS DE CAMPO.	37
8.2.4 ANÁLISIS EN GABINETE.	40
9. RESULTADOS OBTENIDOS	43
9.1 INVENTARIO DE LOS PAISAJES FÍSICO-GEOGRÁFICOS.	43
9.2 INVENTARIO FLORÍSTICO.	49
9.2 HETEROGENEIDAD DEL PAISAJE.	54
9.2 PAISAJE Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA.	55
10. DISCUSION DE RESULTADOS	66
11. CONCLUSIÓN.	71
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
13. ANEXOS.....	90



1. INTRODUCCIÓN.

La Geodiversidad se refiere a la expresión de la variabilidad geomorfológica, litológica, edafológica e hidrológica en la superficie terrestre (Kozlowski, 2004), resultado de los principios genético-estructurales e histórico-evolutivos, y que a su vez determina la riqueza biológica y sus relaciones ecológicas (Priego-Santander *et al.*, 2010; Morales-Iglesias *et al.*, 2022).

Por su parte, un paisaje de alto patrimonio natural puede entenderse como aquellos geocomplejos que se destacan por presentar las mejores condiciones naturales, en función del análisis de su relación con la biodiversidad, la diversidad de paisajes y el grado de antropización de la cobertura vegetal (Morales-Iglesias *et al.*, 2022)

Si bien el estudio de la biodiversidad se remonta a más de 300 años —con importantes trabajos taxonómicos mundiales—, fue en los años 90 que la ecología del paisaje se consolidó como una ciencia interdisciplinaria de rápido crecimiento, así mismo integró enfoques paisajístico-espaciales y ecológico-funcionales, en un intento por comprender de manera más completa los sistemas naturales (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017; Salinas *et al.*, 2019); No obstante, esta perspectiva se limita a concebir el paisaje a partir de mosaicos heterogéneos sin límites espaciales precisos (Priego-Santander *et al.*, 2004)

En contraste, la Geografía del Paisaje brinda una visión más integradora al analizar el entorno mediante la unidad de los Paisajes Físico-Geográficos –PFG– (Priego-Santander *et al.*, 2004; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017; Bollo-Manent, 2018). En México, su uso data de los años 80 y ha generado un importante acervo cartográfico a distintas escalas. No obstante, este enfoque va más allá de la regionalización territorial, destacándose como una herramienta clave para analizar, comparar y evaluar los elementos del territorio, para abordar problemáticas como la pérdida de biodiversidad (Bollo-Manent y Hernández-Santana; Salinas *et al.*, 2019).



Esta visión cobra importancia en estados como Chiapas, que es reconocido por diversos autores como una de las entidades más ricas en flora y fauna. Según González-Espinosa *et al.* (2005), alberga una de cada dos especies de mamíferos y aves, así como una de cada tres especies de plantas vasculares presentes en el país. No obstante, pese a este vasto patrimonio natural resultado de las condiciones tectónicas y volcánicas, el territorio enfrenta un acelerado proceso de antropización que amenaza a corto plazo gran parte de su cobertura vegetal (Morales-Iglesias y Priego-Santander, 2020; Morales-Iglesias *et al.*, 2022).

Derivado de lo anterior, el presente estudio se llevó a cabo en las microcuencas Ribera El Cerro primera y segunda sección, municipio de Pichucalco, Chiapas, donde actualmente existe una pérdida significativa de la cobertura forestal como resultado de cambios de uso de suelo, debido al crecimiento de las fronteras pecuaria, agrícola y crecimiento de áreas urbanas.

4

A pesar de lo anterior, en la región se destaca la existencia de Agrosistemas Forestales (SAF) de cacao (Salvador-Morales *et al.*, 2019), que se caracterizan por el mantenimiento de una cobertura arbórea, esta proporciona sombra a las plantaciones, estos sistemas no solamente destacan por su producción agrícola, además de eso ofrecen la generación de materias forestales y no forestales, así mismo, son reconocidos como reservorios de flora y fauna.

El objetivo de esta investigación es conocer las relaciones espaciales entre la heterogeneidad del paisaje y la distribución de la diversidad biológica en dos microcuencas presentes en el municipio de Pichucalco; con el fin de determinar si los paisajes asociados al ASF pueden ser considerados como aquellos de mayor patrimonio natural. Este resultado podría posicionar a los agrosistemas como componentes clave en estrategias de conservación de la biodiversidad y preservación del conocimiento tradicional asociado.

La propuesta de trabajo planteada se estructuró en cuatro etapas principales: (1) recopilación de información bibliográfica y cartográfica para generar insumos iniciales; (2) elaboración



del mapa de paisajes y formulación de una hipótesis cartográfica; (3) corroboración en campo mediante levantamientos florísticos; y (4) corrección del mapa, cálculo de índices de heterogeneidad, análisis estadístico y generación de cartogramas.

Derivado del mapa de paisajes, en la zona de estudio se contabilizaron cinco localidades, siete parajes complejos y 34 parajes simples. En cuanto al inventario florístico, se registraron 194 especies, agrupadas en 173 géneros y 71 familias botánicas. El cálculo de los índices de heterogeneidad y correlación respalda la hipótesis inicial, al evidenciar una relación significativa entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de plantas vasculares, con siete de los diez indicadores seleccionados resultando estadísticamente significativos.

Asimismo, se determinó que los paisajes más idóneos para el desarrollo de los SAF cacaotales corresponden a los complejos de laderas y barrancos de montañas y lomeríos, donde la mayor complejidad del relieve y la presencia de pendientes contribuyen tanto a la reconfiguración de la vegetación como a la conservación de remanentes de selva y cultivos de cacao. Estos hallazgos resaltan la relevancia de los agrosistemas cacaotales como paisajes de alto valor natural en zonas con fuerte influencia antropogénica.

5

Palabras clave: **Paisajes Físico-Geográficos, Heterogeneidad, Agrosistemas, Cacaotales, biodiversidad.**



2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

2.1. LA GEOGRAFÍA DEL PAISAJE: DESDE LA APRECIACIÓN ESTÉTICA HACIA EL RIGOR CIENTÍFICO.

2.1.1 Antecedentes.

Históricamente, la Geografía como disciplina ha pasado por diferentes etapas. En sus inicios, se caracterizaba por una percepción estética y pictórica para la elaboración de descripciones narrativas de los paisajes con fines prácticos, como la identificación de elementos de interés y rutas comerciales, hasta convertirse en una ciencia compleja. Actualmente, la Geografía integra métodos cuantitativos y adopta un enfoque transdisciplinario para estudiar los fenómenos que ocurren en la superficie terrestre y sus interacciones con los componentes abióticos y bióticos (Vargas Ulate, 2012).

6

La Geografía del paisaje empezó a consolidarse en el siglo XIX, inicialmente como Geografía Física. Esta disciplina fue influenciada en gran medida por la obra de Alexander Von Humboldt, quien enfatizó la importancia de comprender las interacciones entre los elementos físicos y biológicos del paisaje a partir de la elaboración de perfiles geográficos durante sus recorridos por diferentes parte del mundo (Vargas Ulate, 2012; Castillo-Poveda, 2016; Bollo Manent y Martínez Serrano, 2023).

Posteriormente diversos investigadores continuaron las ideas de Humboldt, donde se destacan los trabajos de Vasili Vasílievich Dokucháiev, quien definió al suelo como el resultado de la interacción de varios factores de formación, que incluye el clima, la litología, la hidrología y los organismos, a lo largo del tiempo. Mientras tanto, Dimitry Nikolayevich Anuchin sostuvo que los objetos principales de la Geografía Física son las esferas que rodean la Tierra y sus interrelaciones (Bollo Manent, 2018; Bollo-Manent y Martínez Serrano, 2023).

Otro exponente de la Geografía Física fue Siegfried Passarge quien realizó investigaciones en África, donde estudió la geomorfología y la distribución de la vegetación en el desierto del Kalahari. Por su parte, Wladimir Peter Köppen se enfocó en el estudio y clasificación de los climas en el mundo a partir de las relaciones temperatura y precipitación (Siegfried, 1905/1997; Vargas Ulate, 2012)

2.1.2 Transición de la Geografía del Paisaje a la Geoecología.

La Geografía del Paisaje, también conocida como Geografía Física Compleja, surge en respuesta a las limitaciones de la Geografía Física tradicional, que tendía a analizar los componentes del entorno de manera aislada. Este enfoque tradicional no permitía una interpretación adecuada de las influencias mutuas entre dichos componentes, y resultaba en una visión más metafísica, mecanicista y estática del entorno natural (Richling, 1983; Bollo-Manent, 2018).

Esta perspectiva nace a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, bajo los pensamientos de: Siegfried Passarge y Lev Semionovich Berg, que se caracteriza por otorgar un peso equivalente a los componentes físicos y biológicos, lo que permite ofrecer una visión integradora y una comprensión holística del paisaje (Priego-Santander *et al.*, 2004; Bollo-Manent, 2018).

Durante la primera mitad del siglo XX, surgieron dos enfoques para el estudio de los paisajes. El primero se refiere a una clasificación tipológica, derivada de las ideas de Humboldt y Dokucháiev, que postula la existencia de unidades de paisaje que, por la analogía de sus rasgos y repetitividad, pertenecen a un mismo tipo. El segundo enfoque de clasificación proviene de las ideas de Alfred Hettner, quien sostiene que los paisajes de coherencia fisonómica y funcional son capaces de configurar una unidad con individualidad, a la que denomina región geográfica (Plans, 1977; Bollo-Manent y Martínez Serrano, 2023).



Una obra precursora de la teoría paisajística que dominaría en la Geografía rusa desde mediados hasta finales del siglo XX, fue "Las regiones físico-geográficas de la Rusia europea", de Aleksander Aleksandrovich Kruber. En esta obra, Kruber sostiene que la Geografía estudia la superficie terrestre desde el punto de vista de las diferencias espaciales entre sus fenómenos, lo que implica que el paisaje actúa como un cuerpo integrador, al que se le denomina paisaje físico-geográfico, Complejo Territorial Natural o Geocomplejo (Frolova, 2001).

Dentro del ámbito de la cartografía local y regional, destacan las contribuciones de Nikolai Adolfovich Solntzev, quien desarrolló el concepto de *morfología del paisaje*, entendido como el estudio y caracterización de la estructura del terreno con el propósito de delimitarlo en unidades paisajísticas a distintas escalas, las cuales son sintetizadas en un mapa. Esta herramienta resulta fundamental dentro del enfoque físico-geográfico del paisaje (Bollo-Manent, 2018; Guadarrama *et al.*, 2023).

Si bien la Geografía del Paisaje continúa vigente como ciencia contemporánea, en la década de 1930 comienza a desarrollarse una nueva concepción en el marco de la Geografía alemana con la introducción del concepto de *Landschaftsoecologie*, o Geoecología, por Carl Troll. (Frolova, 2006; Martins *et al.*, 2022), que integra los enfoques estructural (Geografía Física) y funcional (Ecológico), este enfoque se caracteriza por centrarse en los procesos y efectos de la interacción entre la naturaleza y la sociedad en los espacios naturales y los territorios que surgen de estas interacciones (Mateo y Da Silva, 2007; Bollo-Manent y Martínez Serrano, 2023).

A partir de los años de 1960, Viktor Borisovich Sochava, aplica la Teoría General de Sistemas al concepto de geocomplejo y define el concepto de geosistema, que deriva en una visión donde la Geoecología comienza a definirse como la ciencia paisajística dedicada al estudio de los complejos territoriales naturales, natural - antropogénicos o antropogénicos y los principios en las relaciones entre la regionalización y la tipología físico-geográficas al

partir del principio de que ambas son autónomas pero interdependientes en puntos nodales (Mateo *et al.*, 2002; Bollo-Manent, 2018; Martins *et al.*, 2022).

Durante la década de los años 80 y 90, Vladimir Sergueievich Preobrazhenskii desarrolló el concepto del poliestructuralismo del geosistema, el cual contempla una pluralidad de subsistemas que se interrelacionan e integra mediante el intercambio de energía, materia e información entre sus componentes y los otros sistemas. De esta manera el concepto proporciona un instrumento científico para la síntesis del conocimiento, desarrollándose la noción de relaciones oscilantes y aleatorias entre los elementos del paisaje, entendiéndose estas relaciones como dinámicas que evolucionan a lo largo del tiempo. (Preobrazhenskii, 1983; Frolova, 2006).

Actualmente la Geoecología del Paisaje se define como una ciencia geográfica que toma como base a los paisajes físico-geográficos para llevar a cabo investigaciones desde una perspectiva holística del análisis espacial para comprender las interacciones entre los seres vivos y su entorno físico, y como son afectados por las actividades humanas. La disciplina busca proponer soluciones a problemas como la degradación del paisaje, la evolución del impacto antropogénico en el mismo y la gestión del paisaje, incluido el pronóstico de su evolución (Preobrazhenskii, 1983; Frolova, 2006; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2016).

9

2.2. EL PAISAJE FÍSICO GEOGRÁFICO (PFG).

2.2.1 Bases teóricas del PFG.

Un paisaje físico-geográfico, también denominado Geocomplejo, Geosistema o Complejo Territorial Natural (CTN) se refiere a un sistema espacio-temporal con límites definidos, estructurado, dinámico y complejo el cual se encuentran conformado por elementos físicos y naturales. (Mateo *et al.*, 2002; Miklos *et al.*, 2018).

Los PFG se componen de dos grupos de elementos integrados de manera jerárquica y sistémica (Mateo y Silva, 2007; Priego-Santander *et al.*, 2010). Los factores diferenciadores —litología, relieve y clima— describen la secuencia del territorio y se caracterizan por su baja tasa de cambio en el tiempo humano. Por su parte, los elementos indicadores, como la hidrología, edafología, vegetación y la fauna, representan el dominio bioclimático y son altamente dinámicos en el tiempo (Bocco *et al.*, 2010; Priego-Santander *et al.*, 2010).

El empleo del paisaje físico-geográfico como unidad de análisis en los estudios del medio ambiente y planificación del territorio se debe a la visión holística; en este sentido, que otorga condiciones de igualdad a todos sus elementos y permite comprender a diferentes escalas cómo interactúan y se interrelacionan con estos para dar forma a su estructura y funcionamiento.

10

En América latina el estudio del paisaje ha sido abordado desde la visión de la escuela rusa, ajustándose a las condiciones de alta variabilidad en el relieve que son resultado de las condiciones tectónicas y volcánicas (Morales-Iglesias *et al.* 2022). Esta visión ha contribuido a fortalecer los trabajos orientados al ordenamiento ecológico, el manejo de áreas protegidas y el aprovechamiento sustentable de los recursos, entre otros (Priego-Santander *et al.*, 2010; Frolova, 2018).

2.2.2 Tipos de Paisaje Físico Geográfico.

El estudio de los paisajes puede abordarse desde dos enfoques, mismos que corresponden a la Regionalización Físico-Geográfica (RFG) y la Tipología Físico-Geográfica (TFG), estos no son aislados uno del otro, sino que comparten una relación, de tal manera que los procesos y patrones identificados a nivel local o tipológico son la base para la regionalización físico-geográfica (Mateo, 2008; Bollo y Martínez-Serrano, 2023).

La RFG se caracteriza por identificar regiones en función de su individualidad y homogeneidad, identifica a los paisajes según rasgos particulares inherentes al espacio que definen (Bollo y Martínez-Serrano, 2023). Como ejemplo se puede citar el desierto del Sahara y el de Sonora, si bien ambos son catalogados como desiertos, en su interior existen rasgos particulares propios de cada región que les brindan una individualidad propia.

Por otro lado, la TFG se distingue por la similitud de sus rasgos, es decir su repetitividad en el espacio y su pertenencia a un mismo tipo, las unidades de carácter tipológico se encuentran representadas por escalas de 1:250,000 o superiores (Priego-Santander *et al.*, 2010; Bollo y Martínez-Serrano, 2023). Como ejemplo se puede citar un paisaje volcánico de ladera que presenta bosque de pino, este no es único en el espacio, sino que podrá observarse en otros espacios que se encuentren cercanos o lejanos.

11

Las unidades geográficas locales poseen una estructura vertical y horizontal, la primera se refiere a la configuración por niveles ascendentes de los componentes diferenciadores e indicadores, los cuales pueden presentar distribuciones en bandas o zonas uniformes (zonal) o ser discontinuas (azonal) y se encuentran condicionadas por factores como la variación de la insolación solar, la energía interna de la tierra y la latitud (Mateo, 2002, Salinas *et al.*, 2019)

Por su parte la estructura horizontal se refiere a la distribución en plano de la composición y distribución de polígonos con características propias que integran a una unidad de paisaje y que a su vez expresan un mosaico de paisajes locales. Se puede señalar que la estructura horizontal del paisaje se encuentra condicionada por la estructura vertical, por lo que ambas se encuentran relacionados entre sí (Mateo, 2002).

2.2.3 Taxonomía del paisaje.

Los paisajes se clasifican mediante el empleo de un sistema taxonómico linneano, que permite ordenar de manera jerárquica a las unidades de paisaje a partir de una estructura

lógica y subordinada de sus componentes. La taxonomía no se limita simplemente a la clasificación y a la elaboración de un producto cartográfico; en un sentido más profundo, es una herramienta útil para el estudio y la gestión del medio ambiente (Mateo, 2008; Estrada *et al.*, 2023).

De acuerdo con Mateo (2002), dentro del desarrollo del proceso de la clasificación del paisaje existen dos principios básicos que se mantienen independientemente de la escala de trabajo y los niveles taxonómicos:

- Principio histórico-evolutivo: Expresa que los componentes de los paisajes presentan un proceso de evolución conjunta en el espacio y el tiempo.
- Principio estructural genético: Todas las unidades de paisaje poseen una determinada estructura, la cual es consecuencia de un proceso genético que les da origen.

12

Bajo estos fundamentos, las categorías taxonómicas de los paisajes físico-geográficos son cinco y corresponden a: Clase, Subclase, Localidad, Paraje complejo y Paraje simple (Mateo, 2002; Morales-Iglesias *et al.*, 2017; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2023). Cada uno de estos niveles se caracteriza por presentar índices diagnósticos (Tabla 2.1), definidos como variables geológicas, geomorfológicas, climáticas, de uso del suelo, entre otras, que permiten diferenciar de manera particular a cada nivel (Mateo, 2002; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2023).

Tabla 2.1 Relación entre nivel taxonómico y los índices diagnósticos (Fuente: Elaborado a partir de Ramírez-Sánchez, 2013; Alfonso Martínez *et al.*, 2024).

Nivel taxonómico	Índice de diagnóstico	Ejemplo
Clase	Conjunto de morfoestructuras del relieve en una misma condición climática	Montañas, lomeríos, planicies y valles en climas cálidos.

Nivel taxonómico	Índice de diagnóstico	Ejemplo
Subclase	Tipo específico del relieve en un tipo específico de clima	Montañas en clima cálido
Localidad	Comunidad territorial, con igual tipo morfogenético de relieve, homogeneidad litológica y/o del tipo de depósitos, así como similares condiciones climáticas.	Montañas tectónico-intrusivas medianamente diseccionadas ($250 > DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por granito y granodiorita, en clima cálido subhúmedo
Paraje complejo	Asociación del mismo grupo morfológico de mesoformas del relieve, con predominio de iguales asociaciones de suelos, conjunto similar de formaciones vegetales y/o tipos de usos del suelo	Complejos cumbrales, con selva, vegetación secundaria y cultivos, sobre Regosol, Luvisol y Cambisol
Paraje simple	Agrupación de elementos iguales de una mesoforma del relieve; misma inclinación de la pendiente, similares grupos y subgrupos de suelos, mismo tipo de comunidades vegetales o igual tipo de aprovechamiento del suelo	Cimas muy fuertemente inclinadas ($30^\circ - 45^\circ$), con selva mediana caducifolia, sobre Cambisol dístico

De acuerdo con Priego-Santander *et al.*, (2010) y Ramírez-Sánchez (2016), las unidades del paisaje se clasifican en superiores (clase y subclase) e inferiores (localidad, paraje simple y paraje complejo). Es importante señalar que la visualización de estos taxones en un mapa ilustra la distinción de los paisajes en un área específica (estructura horizontal de los paisajes) y facilita la identificación de su heterogeneidad (Mateo, 2002).

2.2.4 El ecosistema y su relación con el paisaje.

Durante las últimas décadas, las actividades humanas han generado una rápida transformación en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas a nivel global (Colón

et al., 2009). A pesar que el paisaje tiene una alta relevancia ecológica (Morales-Iglesias, 2022), este a menudo se pasa por alto en la conservación de la naturaleza. No obstante, la Geodiversidad resulta esencial para la preservación de la biodiversidad, al estar estrechamente vinculada con el ensamble de las comunidades biológicas (IUCN, 2023; Varnham *et al.*, 2023).

La geodiversidad no solo influye en el desarrollo de condiciones físicas que permiten la existencia de una amplia variedad de hábitats para la flora y fauna, sino que, a una escala más amplia, desempeña un papel fundamental en las relaciones ecológicas entre los ecosistemas. Esto se debe a que regula la distribución de elementos clave como la energía, el agua y los nutrientes. En este sentido, la Geodiversidad no solo condiciona la distribución espacial de los nichos ecológicos, sino que también interviene en su dinámica temporal. (Werner y Zwagrzak., 2001; Parks y Mulligan, 2010).

14

Otra relación importante entre la geodiversidad y los ecosistemas se encuentra en la estructuración de los servicios ambientales esenciales para la vida. Estos se definen como aquellos beneficios que permiten el sustento de los seres vivos y las actividades humanas (SEMARNAT, 2021), y son el resultado de la configuración vertical y estructural del paisaje. La geodiversidad determina, en este sentido, la capacidad de almacenamiento de carbono, el suministro de aguas profundas, la regulación del clima, el abastecimiento de materias primas y la presencia de paisajes de valor estético, entre otros (Cornell, 2011; Alahuhta *et al.*, 2018).

Si bien el concepto de servicios ecosistémicos en la década de los años 80 del siglo pasado y desde entonces es mencionado con mayor frecuencia la literatura y en el ámbito social (Cornell, 2011). En México actualmente las publicaciones dedicadas a la asociación entre el paisaje, se limitan principalmente a estudiar la relación con la riqueza de biodiversidad, y en este sentido se puede citar el trabajo de Alfonso Martínez *et al.*, 2024 como una contribución significativa en este campo, que tiene como objetivo brindar una interpretación acerca de

cómo a mayor heterogeneidad en las formas del relieve influyen en un mayor potencial de los servicios ecosistémicos

2.3 EL ELEMENTO VIVO DEL PAISAJE: LA BIODIVERSIDAD.

2.3.1 Acepciones y generalidades.

El término biodiversidad se refiere a la variabilidad de genes, organismos, ecosistemas que pueden encontrarse en un espacio determinado, así como a los procesos ecológicos y biológicos que se producen en su interior (Gómez-Pompa, 1998; LGEEPA, 2024), el concepto fue acuñado por Edwar Wilson en 1929 en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos (CONABIO, 2022).

15

Si se aborda el concepto desde una perspectiva más allá de las ciencias biológicas, este adquiere un sentido más tangible para el ser humano, ya que se incluye a la biodiversidad no solamente como la variedad de formas de vida y ecosistemas, sino también como un conjunto de bienes y servicios ambientales que constituyen la base del bienestar de las sociedades presentes y futuras (UNESCO, 2022; CEPAL, 2022).

La diversidad biológica, ya sea en cualquiera de las perspectivas previas, resalta su importancia como resultado de un proceso evolutivo complejo e irreplicable. A pesar de la interacción constante del ser humano con esta diversidad en sus múltiples manifestaciones, su verdadera magnitud no siempre es comprendida plenamente. Esta falta de comprensión conlleva a un manejo confuso de la diversidad biológica y genera una preocupación significativa por su conservación (Moreno, 2001; Nuñez *et al.*, 2003).

Para la conservación de la biodiversidad se ha propuesto como una de las estrategias más directas la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP). En México, para el año 2025 se cuenta con un total de 232 áreas federales, que abarcan una superficie de 98, 719, 000

hectáreas (Gómez-Pompa *et al.*, 1995; CONANP, 2026). A pesar de su creación, su efectividad se ve comprometida por problemas como la planificación inadecuada, la propiedad privada, la falta de integración social y recursos limitados (Gómez-Pompa, 1998)

2.3.2 ¿Cómo se mide la diversidad biológica?

La distribución de la diversidad biológica en el planeta no es homogénea; no obstante, durante muchos años fue estudiada únicamente a escala local. Fue hasta la década de 1960 cuando Whittaker propuso un enfoque más amplio, basado en tres niveles de análisis (Moreno, 2001; Moreno, 2007; Baselga y Gómez-Rodríguez, 2019). Estas categorías, conocidas como Diversidad Alfa, Beta y Gamma (Whittaker, 1972; Arellano y Halfpeter, 2003) se describen a continuación:

- **Diversidad Alfa:** Corresponde a la riqueza de especies en un área o comunidad específica (nivel local), se calcula mediante índices de diversidad como Shannon-Wiener o Simpson. Una forma de ejemplificar este tipo de diversidad es el número de aves que se encuentran en un bosque específico.
- **Diversidad Beta:** Se refiere a la variación de especies entre diferentes comunidades que comprenden un paisaje. Se puede calcular mediante la aplicación de índices de similitud y entre los que se encuentran el índice de Jaccard y Sørensen. Un ejemplo de Diversidad Beta es la variedad de aves en dos bosques diferentes, pero que se sitúan en una misma región.
- **Diversidad Gamma:** Se refiere a la riqueza total de especies que integran un conjunto de comunidades dentro de un paisaje. Se calcula mediante la suma de todas las especies encontradas en una región. Por ejemplo, la diversidad Gamma sería el total de aves en una provincia, al considerar diferentes tipos de comunidades como bosques, praderas y humedales.

2.3.3 Situación de la biodiversidad en México y Chiapas.

México es considerado un país megadiverso, condición que se atribuye a su posición geográfica privilegiada, al encontrarse en la convergencia de dos regiones diferenciadas por diversos factores geográficos, como la latitud, la topografía, el clima y su historia geológica (Morrone, 2019). Esta heterogeneidad del medio físico le confiere una notable diversidad de paisajes. En consecuencia, el territorio nacional alberga entre el 10 y el 12 % de la biodiversidad mundial, con un registro aproximado de 94,412 especies (Martínez-Meyer *et al.*, 2014; CONABIO, 2023).

Dentro del territorio nacional, los estados que cuentan con una mayor diversidad biológica son: Oaxaca, seguido de cerca por Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán. De manera particular en el territorio chiapaneco la riqueza de especies de vertebrados, plantas vasculares y artrópodos asciende a 11,233 especies descritas que equivalen al 11.8% de la totalidad de las especies a nivel nacional (SEMARNAT, 2012; CONABIO, 2013).

Las cifras presentadas no son definitivas, dado que la riqueza de especies se incrementa a medida que se profundiza con nuevos estudios. Es importante señalar que a pesar del avance significativo en el inventario de la riqueza biológica nacional, se deben redoblar esfuerzos, especialmente para algunos taxones como son los invertebrados, los hongos y las plantas (SEMARNAT, 2012).

Si bien en México y Chiapas se cuenta con un alto patrimonio biológico, en los últimos años dentro del territorio nacional se ha incrementado de forma alarmante la pérdida de la biodiversidad, debido a factores como: el cambio climático, contaminación y degradación de los hábitats, el cambio de uso de suelo para vivienda, así como el crecimiento de la frontera agrícola y agropecuaria. Como resultado, se estima que la diversidad biológica se ha reducido hasta en un 50 % en el país (Henle *et al.*, 2004; SEMARNAT, 2006, PROFEPA, 2022).

2.3.4 Un aliado para la conservación: El Agrosistema Forestal (SAF).

Un Agrosistema Forestal se define como un sistema ecológico modificado por el ser humano mediante prácticas agrícolas orientadas a la producción de alimentos y otras materias primas (Sandoval y Villanueva, 2009; Salvador-Morales *et al.*, 2019). Puede surgir a partir de la intervención en un ecosistema natural o mediante la transformación de áreas sin vegetación nativa. En estos entornos, se realiza una siembra secuenciada de especies cultivadas y forestales, acompañada de prácticas de protección del suelo (Lanza, 1999; Castro Martínez *et al.*, 2006).

De acuerdo con las necesidades productivas de cada agricultor, los agrosistemas pueden presentar distintos grados de intervención (Castro Martínez *et al.*, 2015). Una forma de clasificarlos es con base en la propuesta de Moguel y Toledo (1999), posteriormente modificada por Perfecto *et al.* (2007), la cual establece una tipología según el nivel de manejo e intensidad de transformación del sistema:

- Rústico: Se conforma por más de 50 especies arbóreas de sombra, y el porcentaje de la cobertura de oscuridad oscila entre el 71 al 100%.
- Tradicional: La riqueza de árboles de abrigo oscila entre 21 y 50, que cubren un porcentaje de sombra del 41 al 70%.
- Comercial: Cuenta con una diversidad de árboles de sombra de entre 6 y 20, el porcentaje de la reducción de infiltración de luz se encuentre entre el 31 al 40%.
- Monocultivo de sombra: Dentro del mismo se contabilizan entre 1 y 5 para provisión de sombra, el porcentaje de la oscuridad oscila entre el 10 al 30%.
- Monocultivo sin sombra: No presenta árboles de sombra.

Es importante señalar que la clasificación previamente expuesta fue desarrollada originalmente para Sistemas Agroforestales (SAF) de cafetal; sin embargo, derivado de la similitud estructural que el cultivo de cacao presenta con estos sistemas, autores como

Avendaño-Arrazate *et al.* (2021) y Sáenz-Leguizamón *et al.* (2023) han propuesto esquemas de clasificación altamente similares. En este sentido, la propuesta desarrollada para cafetales ofrece una de las descripciones más completas del manejo en agrosistemas de tipo forestal.

De manera particular, la zona norte del municipio de Pichucalco —donde se plantea desarrollar el presente trabajo de investigación— se caracteriza por la presencia de Sistemas Agroforestales de cacao de tipo tradicional, ya que en esta región se ha registrado un promedio de 30 especies asociadas (Flores-Hernández y Farrera-Sarmiento, 2013).

2.3.5 El Cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao es una especie originaria de Centro y Sudamérica, pertenece a la familia de las Malvaceae, se caracteriza por ser un árbol de altura media de entre 4 y 8 metros, presenta ramas siempre verdes y su crecimiento es de tipo horizontal, dentro de su taxonomía destaca la presencia de hojas sencillas oblongas a ovaladas de entre 15 y 30 cm, flores rosa-claro pequeñas agrupadas sobre ramas y tronco, sus frutos son bayas denominadas mazorcas, las cuales contienen 10 a 50 semillas (Martínez, 2004; De Souza *et al.*, 2018).

Respecto a su distribución geográfica natural, el cacao crece en una franja muy acotada a los 20 grados de latitud norte y sur, sin pasar los trópicos de Cáncer y Capricornio. En condiciones silvestres habita los estratos inferiores de selvas altas perennifolias y subperennifolias, donde existen climas cálidos, con un alto grado de precipitación que ronda en valores mínimos de 2,000 mm anuales, temperaturas promedios que oscilan entre 24 y 27°C, así altitudes de entre 300 y 400 msnm (Gutiérrez, 2001; Díaz-José *et al.*, 2013).

2.5.3 Importancia ecológica, socioeconómica y cultural del SAF Cacaotal.

Los agrosistemas tradicionales son resultado de la relación tiempo, naturaleza y cultura, que ha dado como resultado una propiedad emergente de sistemas ecológicos y una diversidad biocultural (Moreno-Calles *et al.*, 2013). Dentro del contexto ecológico los cacaotales juegan un papel clave para la conservación de la biodiversidad desde dos frentes, el primero



resultado de la diversidad planeada por los productores y el segundo por especies que colonizan de manera conjunta el agrosistema y que dependen de su manejo y estructura (Ruíz y Castro, 2005).

La diversidad planeada se refiere al manejo de un dosel compuesto por diferentes especies arbóreas, que regulan condiciones de sombra y humedad necesarias para el cacao y sus polinizadores. La composición de la estructura forestal dentro del cacaotal en promedio se asocia con más de 20 especies diferentes (Salgado-Mora *et al.*, 2007; Flores-Hernández y Farrera-Sarmiento, 2013; Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021), que representa similitud con la vegetación original y una superioridad en diversidad a otros hábitats agrícolas (Parrish *et al.*, 1999).

Con respecto a la diversidad asociada, dentro de este agrosistema se puede encontrar diferentes grupos de vertebrados como resultado de la variedad de micro hábitad que se generan en su interior, de acuerdo con diferentes estudios de referencia consultados, las aves y los reptiles son aquellos grupos que presentan mayor representatividad (Ibarra *et al.*, 2013; Orozco *et al.*, 2015).

En el aspecto económico, México se distingue como uno de los principales países exportadores de cacao fino. Este producto, altamente valorado en los mercados internacionales, impulsa una cadena de valor diversificada que abarca desde la siembra y cultivo hasta la cosecha, procesamiento y comercialización (Gutiérrez, 2001; Cruz-Landero *et al.*, 2015).

Estas etapas generan una amplia gama de fuentes de empleo en comunidades rurales y urbanas de todo el país, donde se estima que alrededor del 60% de la producción de cacao en México se lleva a cabo de manera familiar, lo que resalta la importancia socioeconómica de esta actividad para numerosas familias y comunidades en todo el territorio nacional (Cruz-Landero *et al.*, 2015).



El cacaotal ofrece ventajas económicas adicionales al mantener especies florísticas útiles, las cuales proporcionan recursos adicionales de los árboles de sombra, al tiempo que protegen el suelo de la erosión. Esta característica contrasta con otros sistemas agrícolas que requieren prácticas como la roza, tumba y quema, las cuales pueden ser potencialmente insostenibles si los períodos de barbecho son demasiado cortos (Kufer *et al.*, 2006; Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Desde la perspectiva cultural, el cultivo del cacao ha sido fundamental en las civilizaciones mesoamericanas, especialmente en las sociedades Olmeca y Maya, donde se le atribuía un valor sagrado, ritual, social, medicinal, gastronómico y como moneda de intercambio. (Kufer *et al.*, 2006; Moreno-Calles *et al.*, 2013). Aunque parte de este conocimiento ancestral se ha perdido, las comunidades campesinas conservan parte de ese legado producto de observaciones y experimentos empíricos transmitidos de generación en generación (Gómez-Pompa, 1993).

21

2.5.4 Situación del cacao en México y Chiapas.

México se situó como el catorceavo productor de cacao en el mundo en el año 2021, en el país se cuenta con una superficie de 59, 655 *hectáreas* (Díaz-José *et al.*, 2013; SIAP, 2021; SADER, 2023), donde el cultivo se lleva a cabo en el sureste mexicano, los principales estados productores son Tabasco y Chiapas, que en conjunto representan el 99% de la producción nacional, el porcentaje restante de siembra se distribuye en parte de Oaxaca, Guerrero y Veracruz (Yanes, 1994; Díaz-José *et al.*, 2013; SIAP, 2021).

De manera particular, el estado de Chiapas cuenta con una superficie de 18,426.3 *hectáreas* (SIAP, 2021), distribuidas en los municipios de la zona costa, Soconusco y Norte, en esta última se encuentra localizada el municipio de Pichucalco. Dentro del municipio se tiene registrado un decremento de la cobertura de este agrosistema forestal, de acuerdo con Yanes



(1994) en la década de los 90 se contaba con 23,000 *hectáreas*, los que significa una reducción de aproximadamente el veinte por ciento

La principal causa de esta situación se debe a la moliniasis, que corresponde a una enfermedad ocasionada por un hongo basidiomiceto, que genera pérdidas en la producción de hasta el 80%, lo que obliga a los productores a realizar cambios de uso de suelo para subsistir (Flores-Hernández y Farrera-Sarmiento, 2013; Díaz-José *et al.*, 2013).

3. ANTECEDENTES.

El estudio de la heterogeneidad del paisaje ha sido abordado por diversas disciplinas científicas. Desde la perspectiva biológica, destaca el enfoque de la ecología del paisaje, el cual utiliza como base los tipos de vegetación y los grados de deforestación para clasificar los paisajes y explicar la distribución de la biodiversidad (Jiménez-Lang, 2017; Delgado, 2018).

Por su parte, la Geografía del Paisaje tiene como objetivo comprender los paisajes con alto valor patrimonial natural, a través del análisis de la relación entre geodiversidad y biodiversidad. Desde esta perspectiva, el paisaje se concibe como un sistema espacio-temporal complejo y dinámico, con límites definidos (Mateo, 2002), en el cual los elementos bióticos se subordinan a factores abióticos como el relieve, la litología y el clima. Estos últimos, en conjunto, determinan la distribución de la energía, así como la disponibilidad de agua y nutrientes en el espacio y el tiempo (Werner y Zwagrzak, 2001; Parks y Mulligan, 2010).

Esta investigación se enfocará en el segundo enfoque, utilizando como referencia estudios previos sobre mapas de paisajes físico-geográficos en México, especialmente en Chiapas y áreas cercanas al sitio de estudio. Se considerarán criterios como el método utilizado y el uso de indicadores de vegetación. Aunque no se encontraron investigaciones con objetivos similares sobre agrosistemas cacaotales, se incluirán estudios que aporten una base que

permita sustentar que los agrosistemas pueden ser considerados como paisajes de alto patrimonio natural.

3.1 Estudios realizados a nivel nacional.

A nivel nacional, Priego-Santander *et al.* (2012) realizaron el mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:500,000, el cual se conforma por un total de 29 cartas que representan la totalidad de la República Mexicana. Los paisajes se agrupan en cinco niveles taxonómicos tipológicos: clase, subclase, grupo, subgrupo y especies de paisajes; este mapa es una primera referencia para la elaboración de mapas a una escala de mayor detalle.

A una escala más detallada destacan los trabajos realizados por Chiappy Jhones *et al.* (2000), quienes realizaron un mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:250,000 para la península de Yucatán, donde se definieron las unidades taxonómicas: clase, subclase, tipo y grupo. Por su parte, Flores-Domínguez y Priego-Santander (2011) realizaron la zonificación funcional ecoturística de la zona costera de Michoacán en escala 1:250,000, a partir de indicadores de Geodiversidad y biodiversidad del territorio que permitiera determinar el máximo potencial natural para la realización de actividades turísticas.

Por su parte, Ramírez Sánchez *et al.* (2016) realizaron una evaluación de la heterogeneidad geocológica a partir de un mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:250,000 con la finalidad de conocer el potencial natural para la conservación de la Geodiversidad de los paisajes del estado de Michoacán.

Otro trabajo efectuado a una escala de mayor detalle (1:50,000) fue el realizado por Estrada-Porcayo *et al.* (2023), quienes llevaron a cabo la clasificación de los paisajes físico-geográficos en la UGA 33 de Quintana Roo obteniéndose un total de 8 localidades, 10 parajes complejos y 21 parajes simples.

Referente a trabajos llevados a cabo dentro de microcuencas hidrológicas, se puede citar como antecedente el efectuado por Valdés-Carrera y Hernández-Guerreo (2018), quienes trabajaron en la microcuenca Potrero de la Palmita, Estado de Nayarit, donde a partir de un mapa de paisajes físico-geográficos escala 1:10,000 se determinaron tres zonas hídricas funcionales; captación (alta), transición (media) y descarga (baja).

3.2 Estudios referentes al análisis de la heterogeneidad del paisaje y su relación con la diversidad biológica.

En el segundo grupo de antecedentes consultados se encuentran aquellos trabajos de investigación que realizan un análisis de la heterogeneidad del paisaje y su relación con la diversidad biológica, donde se hace el señalamiento que se suele utilizar a las plantas vasculares como indicador de este último elemento, esto se debe a que este grupo de plantas presenta una alta riqueza, facilidad de muestreo y re-muestreo en campo, así mismo al ser la base de las cadenas tróficas se puede establecer relaciones con otros grupos de organismos.

Priego-Santander *et al.* (2003) realizaron un estudio en las cuencas de las lagunas La Mancha, El Farallón y El Llano, en el estado de Veracruz. En este estudio se generó un mapa a escala 1:65,000 para explorar la relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de flora, donde se hace el señalamiento que se suele utilizar a las plantas vasculares como indicador de diversidad biológica. Por su parte Morales-Iglesias (2006) elaboró un mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:250,000 para determinar la correlación estadística entre la heterogeneidad del paisaje y la distribución de la biodiversidad en la cuenca Lerma-Chapala, México.

Otro trabajo realizado por Priego-Santander *et al.* (2013) fue el que llevaron a cabo en un análisis de la relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de plantas en costas del Pacífico Mexicano, mediante la elaboración de un mapa de paisajes físico-geográficos escala 1:50,000.

Los estudios abordados en este apartado son de suma importancia para el conocimiento y conservación de la biodiversidad, ya que a partir de estas correlaciones se puede predecir el comportamiento de la biodiversidad en áreas de interés. Bajo esta premisa se busca determinar si existe una relación entre la Geodiversidad y los paisajes de alto patrimonio natural que se encuentran asociados a los agrosistemas denominados cacaotales.

3.3 Estudios específicos para el estado de Chiapas.

Con respecto al estado de Chiapas, se pueden mencionar trabajos como el realizado por Morales-Iglesias *et al.* (2016), a partir del cual se obtuvo el mapa de distribución de los paisajes físico-geográficos del estado de Chiapas a una escala 1:250,000. Este producto cartográfico es una notable contribución y base para otros estudios que se han realizado en la entidad. En esta misma línea, Morales-Iglesias y Priego-Santander (2020) llevaron a cabo una evaluación de la diversidad y complejidad de los paisajes, profundizando en el análisis de su distribución territorial.

Con respecto a la identificación de paisajes de alto patrimonio natural existente en la entidad se puede mencionar el trabajo realizado por Morales-Iglesias *et al.* (2019) y Morales-Iglesias *et al.* (2022). En el primero se identifica el grado de antropización al que se encuentran sujetos los paisajes físico-geográficos existentes en el estado Chiapas; mientras que en el segundo trabajo se identifican cuáles son los paisajes que mantienen altos grados de patrimonio natural, por lo que este último trabajo es un referente para la conservación de la biodiversidad.

Por su parte, Gutiérrez-Solís *et al.*, (2024) llevaron a cabo un estudio para evaluar el grado de antropización que presenta la cuenca Río La Virgen, en el municipio de Ocosingo, a partir de la elaboración de un mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:50,000. Se destaca que estos trabajos a mayor detalle permiten una aproximación más precisa al estado de la conservación de los recursos en la entidad.

Dentro del conjunto de investigaciones consultadas, destaca el aporte de Bollo-Manent y Hernández-Santana (2008), quienes realizaron la clasificación de los paisajes físico-geográficos a una escala 1:100,000 en el noroeste de la entidad; se hace el señalamiento que en esta porción del estado se encuentra situada las cuencas que corresponden al área de estudio del presente trabajo de investigación.

3.4 Estudios realizados en los Agrosistemas Forestales (SAF) Cacaotales.

Entre los trabajos efectuados dentro de agrosistemas de cacao y que permiten sustentar la presencia de una alta diversidad biológica en su interior se encuentran aquellos enfocados en algunos grupos de vertebrados, entre los que se pueden citar los realizados por Ibarra *et al.* (2001). Determinaron la composición de la avifauna en dos cacaotales tradicionales localizados en el municipio de Chontalpa, Tabasco, donde concluyeron que estos agrosistemas presentan un alto valor como reservorio de la biodiversidad avifaunística.

26

Por su parte, Muñoz *et al.* (2005) estudiaron los hábitos alimenticios de poblaciones de monos aulladores (*Alouatta palliata*) en un cacaotal localizado en el municipio de Comalcalco, Tabasco. Encontraron que la composición de árboles de sombra de este agrosistema puede llegar a representar hasta el 85.7% del tiempo de alimentación, con estos resultados nuevamente se enfatiza cómo estas plantaciones tradicionales funcionan como herramientas de conservación para este grupo de vertebrados.

Es importante señalar que si bien los estudios en cacaotales en México son limitados, entre la consulta de la literatura de referencia destacan una mayor cantidad de trabajos enfocados en conocer la diversidad forestal asociada a estos agrosistemas, especialmente en el estado de Tabasco. Esta cuestión se debe a que esta entidad es la mayor productora de cacao a nivel nacional.

Entre estos estudios se encuentran los realizados por Salgado-Mora *et al.* (2007) quienes llevaron a cabo un estudio de 80 parcelas de cultivo de cacao localizadas en la zona

Soconusco de Chiapas a fin de identificar la diversidad arbórea, y quienes encontraron que en estos agrosistemas se asocian hasta con 47 especies forestales. Ramírez-Meneses *et al.* (2013) desarrollaron un estudio de diversidad florística en seis plantaciones de agroforestales de cacao en el municipio de Cárdenas, donde observaron asociaciones de entre 32 y 44 especies arbóreas de acuerdo con la edad de la plantación.

Sánchez-Gutiérrez *et al.* (2016) realizó una comparación, estructural y de diversidad de especies en cacaotales de diferentes localidades del municipio de Cárdenas, Tabasco, en donde la riqueza que oscila entre las 14 a 45 especies en función de la edad de la plantación, y señalan que los agrosistemas de mayor edad tienden a ser más diversos en especies y familias botánicas. Por su parte Avendaño-Arrazate *et al.* (2021) estudiaron la composición de especies asociadas al cacao que se cultiva en la selva Lacandona de Chiapas encontrándose asociaciones de hasta 21 especies.

27

Referente al municipio de Pichucalco, Chiapas, únicamente existe el trabajo realizado por Flores-Hernández y Farrera-Sarmiento (2013), quienes llevaron a cabo un estudio etnobotánico asociado a algunos cacaotales en la localidad de Ribera El Cerro primera sección, listó 155 especies forestales y no forestales asociadas a estos agrosistemas.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El estado de Chiapas se distingue por ser la segunda entidad con mayor diversidad biológica del país. No obstante, en los últimos cincuenta años, su cobertura forestal ha disminuido en un 43%, y actualmente solo el 18% de la vegetación se considera como natural. Esta pérdida se atribuye principalmente al cambio de uso de suelo para asentamientos humanos, así como a la expansión de las fronteras agrícolas y pecuarias (SEMARNAT, 2012; CONABIO, 2013; León-Cortés, 2024).

Lo anterior ha derivado en un alto grado de presión sobre la composición estructural y funcional de los paisajes, traduciéndose en problemáticas ambientales y sociales a diferentes escalas, entre las que se pueden señalar de manera enunciativa más no limitativa la pérdida de especies de flora y fauna, contaminación, degradación del suelo, disminución de la calidad de vida, deficiencia alimentaria y el calentamiento global. Por consiguiente el presente trabajo de investigación evaluó los Paisajes Físico-Geográficos (PFG) que integran a una a dos cuencas del municipio de Pichucalco y determinó cual es el nivel de patrimonio natural ligado a un sistema agroforestal cacaotal de tipo tradicional.

5. JUSTIFICACIÓN

El acelerado crecimiento de las sociedades humanas bajo un modelo económico extractivista (Azamar y Ponce, 2014) ha derivado en la degradación del entorno y reducción de la calidad de vida. Bajo estos impactos negativos, las evaluaciones del paisaje físico-geográfico han demostrado ser un instrumento robusto que nos permite identificar a los geosistemas con un alto valor de patrimonio natural en sitios con baja y alta influencia antropogénica, que permiten generar propuestas de ordenamiento del territorio eficientes (Priego-Santander *et al.*, 2004; Morales-Iglesias *et al.*, 2022).

Por su parte el cacaotal tradicional es un Agrosistema Forestal (SAF) que ha demostrado ser una zona con alto potencial para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de servicios ecosistémicos (Parrish *et al.*, 1999). Esta afirmación se encuentra sustentada en estudios en torno a diferentes grupos taxonómicos que se han realizado en los principales estados productores del país, donde se pueden mencionarse algunos como los llevados a cabo por Ibarra *et al* (2001), Muñoz *et al* (2005), Flores-Hernández (2013), Avendaño-Arrazate *et al* (2021).

Derivado de lo expuesto previamente, se señala que la presente investigación se encamina en reducir la brecha de literatura científica que existe con respecto a los análisis de relación de

la heterogeneidad de paisaje y el patrimonio natural existente dentro de Sistemas Agroforestales de tipo tradicional, misma que podrá servir como un antecedente para otras líneas de investigación tales como la gestión integrada de recursos naturales y las prácticas agrícolas sostenibles que conserven tanto la productividad como la biodiversidad dentro de estos agrosistemas.

6. HIPÓTESIS & PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

6.1 Hipótesis.

Si a partir de los diversos estudios realizados sobre cacaotales en la zona sureste de México, se reconoce que este agrosistema alberga una alta biodiversidad y es fuente de servicios ecosistémicos (Parrish *et al.*, 1999; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2016), se plantea como hipótesis que dentro de una cuenca con alta influencia antropogénica, estos sitios exhibirán una correlación positiva entre la heterogeneidad del paisaje (diversidad gamma) y la diversidad de plantas vasculares (diversidad beta), al representar los paisajes con más alto patrimonio natural.

29

6.2 Pregunta de investigación.

- ¿Existirá una relación estadísticamente significativa entre la diversidad de especies de plantas vasculares (diversidad beta) y la heterogeneidad del paisaje (diversidad gamma) que permita catalogar a los cacaotales como paisajes con niveles altos o más altos de patrimonio natural dentro de las cuencas Ribera el Cerro 1era y 2da sección en el municipio de Pichucalco, Chiapas?
- ¿Cuál es el tipo de paisaje más idóneo para establecer un agroecosistema cacaotal dentro de la cuenca?



7. OBJETIVOS.

7.1 Objetivo general.

- Analizar la relación geográfica y estadística que existe entre la geo y biodiversidad en el agrosistema cacaotal presente en las cuencas Ribera El Cerro 1era. y 2da. sección en el municipio de Pichucalco, Chiapas.

7.2 Objetivos específicos.

- Elaborar un mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:50,000.
- Realizar el cálculo de la heterogeneidad del paisaje.
- Implementar un inventario de flora vascular representativo de cada paraje simple.
- Determinar si existe una correlación estadísticamente significativa entre la riqueza de especies de plantas vasculares presentes en los cacaotales (diversidad beta) con respecto a la heterogeneidad de los paisajes físico-geográficos (diversidad gamma).

30

8. MÉTODO

8.1 Área de estudio.

La zona de estudio abarca una superficie de 25.07 Km² y se ubica en el municipio de Pichucalco, en la zona norte de la entidad (Figura 8.1), las coordenadas geográficas extremas son: latitud: 17°30'54.05"N, longitud: 93° 7'18.52"W y latitud: 17°28'7.58"N, longitud: 93°10'1.26"W.

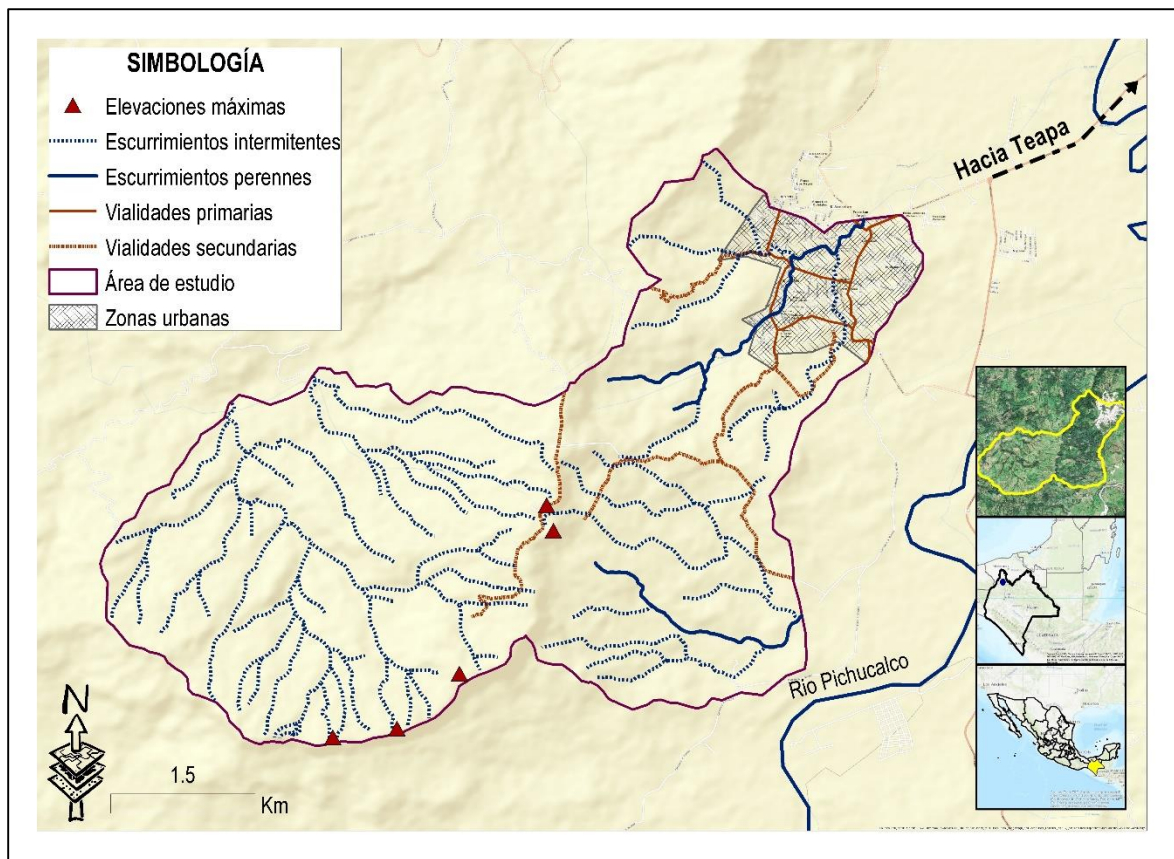


Figura 8.1 Croquis de localización de las cuencas (Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2015).

Las cuencas se ubican en la provincia físico-geográfica: Llanura Costera Meridional del Golfo de México (Bollo-Manent *et al.*, 2015), que cubre principalmente el estado de Chiapas y una fracción de Oaxaca, Veracruz y Tabasco y se caracteriza por presentar relieves de lomeríos, llanuras intermontanas, así como montañas medias, bajas y premontañas, las condiciones abióticas y bióticas que definen a esta provincia son las siguientes:

Clima: De acuerdo con García (1988), el clima presente en esta región se cataloga como cálido húmedo con un régimen de lluvias todo el año, el volumen de precipitación media anual es del orden de los 2,038 mm (CONAGUA, 2015). Referente a las temperaturas, la media anual es de 26.5°C. Los meses más cálidos son abril y mayo, mientras que los más



fríos corresponden a enero y febrero, donde la temperatura desciende hasta los 18°C (García, 1988; CONAGUA, 2015).

Litología: Con base en la información del Servicio Geológico Mexicano (SGM), se identifica que la región presenta formaciones sedimentarias del Terciario, como calizas, areniscas y lutitas, así como depósitos del Cuaternario que incluyen conglomerados y depósitos palustres, lacustres y aluviales (SGM, 2005; CONAGUA, 2015). La asociación de areniscas y lutitas predomina en el área, abarcando aproximadamente el 96.05 % de la superficie de las cuencas, mientras que el 3.95 % restante corresponde a depósitos de grava y arena (SGM, 2018).

Las areniscas-lutitas corresponden a una asociación de rocas de tipo sedimentarias que se caracterizan por presentar clastos que van del tamaño de la arena hasta tamaños más finos como las arcillas, por su parte las gravas-arenas corresponden a aquellas rocas que se depositan sobre, escurrimientos superficiales como ríos, arroyos y depósitos aluviales, así como sitios cercanos a los mismos (Lugo, 1988; Caballero-Miranda, 2005).

Edafología: De acuerdo con el INEGI (2007), la porción de la provincia donde se localizan las cuencas se clasifica como suelos Luvisol y Acrisol. No obstante, con el propósito de obtener información a una escala más detallada sobre las condiciones edáficas de la zona de estudio, se consultaron los trabajos de Bollo-Manent y Hernández-Santana (2008), así como la investigación de Jiménez-Ramírez (2013). A partir de estos estudios, se identificó que en las cuencas de la Ribera del Cerro se identifica la presencia de suelos de tipo Fluvisol, Gleysol, Leptosol, Luvisol y Vertisol.

Vegetación y uso de suelo: Con base en información del INEGI (2013), se identificó que los tipos de vegetación presentes en la provincia físico-geográfica corresponden a vegetación de tular (VT), vegetación secundaria arbórea y arbustiva de selva alta perennifolia (VSA/SAP – Vsa/SAP), pastizal cultivado (PC) y zonas de agricultura de temporal (TS). En relación con



el área del proyecto, se realizó una verificación de la cobertura vegetal mediante imágenes satelitales (ESA, 2024) y su análisis a través de distintas combinaciones de bandas (infrarrojo, agrícola y color verdadero). A partir de esta interpretación, se determinó que las cuencas se caracterizan por la presencia de remanentes de vegetación secundaria arbórea y arbustiva de selva alta perennifolia (VSA/SAP – Vsa/SAP), pastizal cultivado (PC) y zonas de agricultura de temporal (TS).

8.2 Método.

El presente trabajo de investigación contempló cuatro fases de trabajo: 1) Recopilación cartográfica, 2) Elaboración del mapa de paisajes, 3) Levantamiento de datos en campo y 4) Análisis en gabinete (Figura 8.2).

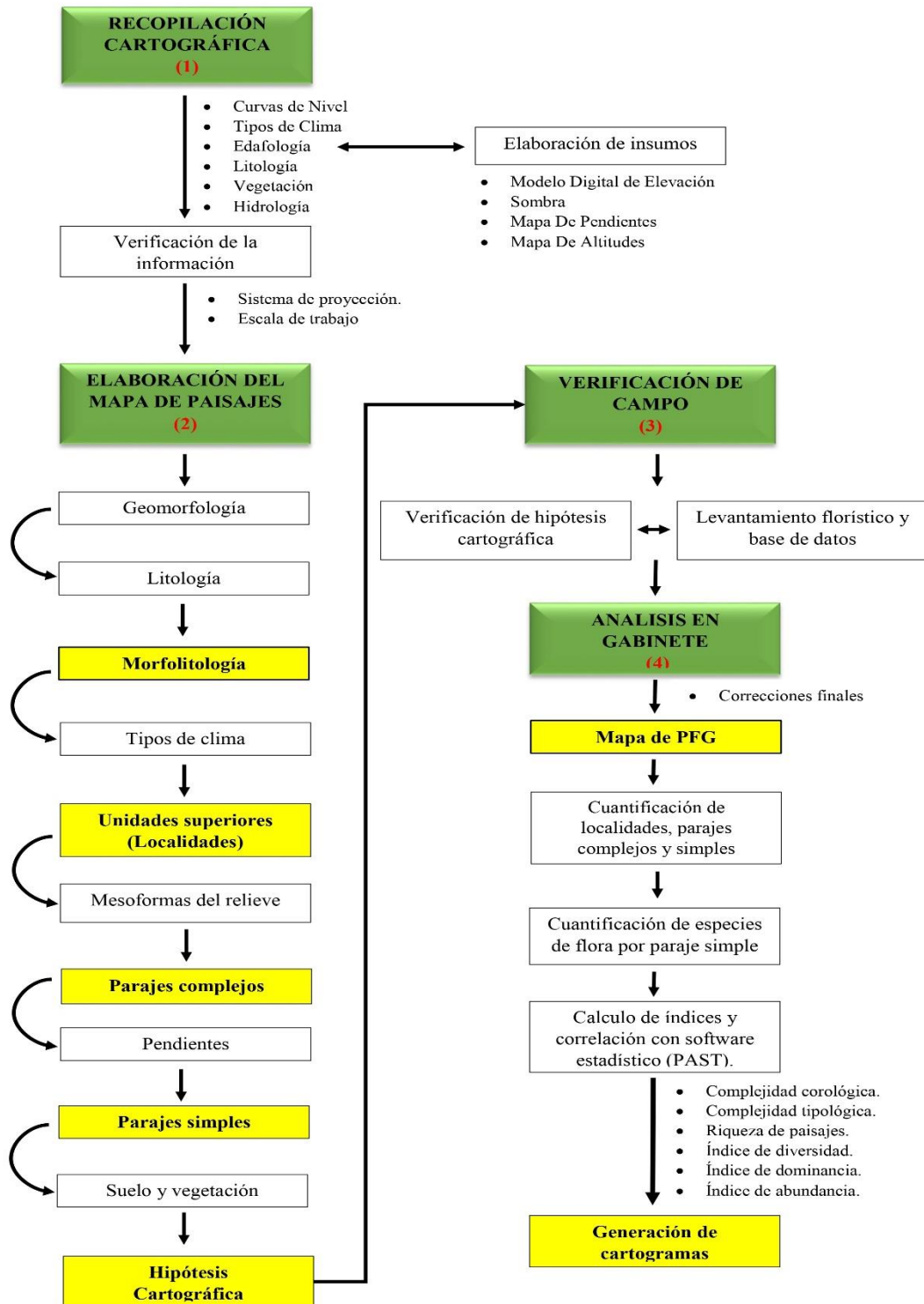


Figura 8.2. Resume del trabajo ejecutado (Fuente: Elaboración a partir de Priego-Santander *et al.*, 2010; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2023, Gutiérrez-Solís *et al.*, 2024).

8.2.1 Recopilación cartográfica.

En esta primera etapa se consultó y compiló información bibliocartográfica a través de fuentes gubernamentales, portales de divulgación científica e instituciones académicas; los insumos cartográficos obtenidos se encuentran indicados en la tabla 8.1

Tabla 8.1 Insumos requeridos la elaboración del mapa de Paisajes Físico-Geográficos.

(Fuente: Elaboración a partir de Priego-Santander *et al.*, 2010; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2023)

INSUMO	FUENTE	FORMATO	ESCALA
Curvas de nivel	Cartas E15C29 y E15C39. (INEGI, 2015)	Vectorial	1:50,000
MDE	Elaboración propia a partir de las curvas de nivel	Ráster	1:50,000
Disección Vertical	Elaboración propia a partir de las curvas de nivel	Vectorial	1:50,000
Litología	Cartas E15-8 y E15C39 (SGM 2005, 2018)	Vectorial	1:250.000 / 1:50,000
Clima	Carta E15-8 (INEGI,2008)	Vectorial	1:1,000,000
Pendiente	Elaboración propia a partir de las curvas de nivel	Vectorial	1:50,000
Suelos	Carta E15-8 (NEGI, 2007), trabajos de Bollo-Manent y Hernández Santana (2008) y Jiménez-Ramírez (2013).	Vectorial/ Ráster	1:250,000/ 1:100,000
Vegetación	Mapa propio a partir de la carta e15-8 (INEGI, 2013), Sentinel 2; color verdadero (4,3,2), Falso color (8,4,3), agrícola (8,11,2).	Vectorial/ Ráster	1:50,000

Posterior a la obtención de todos los insumos, se procedió la verificación de su homogeneidad, se aseguró que los límites geográficos y la proyección cartográfica fueran consistentes (sistema de coordenadas, proyección, datum y elipsoide de referencia). Con respecto a los insumos que no compartían una escala al mismo nivel de detalle, estos fueron complementados por trabajos de investigación llevados a cabo en la región y un tratamiento cuantitativo mediante el análisis de modelos sombreados, imágenes de percepción remota y trabajo de campo (Priego-Santander *et al.*, 2010).

8.2.2 Elaboración del mapa de paisajes.

Para el desarrollo de esta fase, se tomó como referencia el método propuesto por Priego-Santander *et al.* (2010), complementado con las actualizaciones metodológicas aplicadas en estudios recientes realizados en el centro y sur del país (Morales-Iglesias *et al.*, 2017; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2023; Gutiérrez-Solís *et al.*, 2024). La elaboración del mapa inició con la zonificación del territorio a partir del análisis del relieve mediante la disección vertical. Las unidades de relieve obtenidas —o mapa geomorfológico— fueron clasificadas de manera supervisada conforme a los criterios establecidos por Lugo (1988) y Priego-Santander *et al.* (2010).

A continuación, se llevó a cabo la integración ordenada de los componentes biofísicos con el objetivo de elaborar el mapa de paisajes. Este proceso se sustentó en una serie de intersecciones temáticas, donde se inició con la combinación del mapa geomorfológico y la carta litológica, de cuya superposición resultó el mapa morfolitológico. Dicho producto fue sometido a una depuración cartográfica, en la que se eliminaron los polígonos multiparte (entidades compuestas por dos o más partes separadas que comparten los mismos atributos) así como aquellas superficies que no cumplían con el criterio del área mínima cartografiable.

La segunda sobreposición realizada correspondió a la intersección entre el mapa morfolitológico y la carta climática, cuya integración condujo a la generación del mapa geomorfoclimático o de localidades. El producto obtenido fue sometido al mismo procedimiento descrito en la primera intersección de insumos. De manera paralela, se inició la elaboración de una propuesta de leyenda en un documento de texto y hoja de cálculo independiente, la cual fue posteriormente incorporada al mapa de paisajes.

El siguiente paso para esta fase de trabajo consistió en la delimitación supervisada de las unidades inferiores del relieve o también denominadas zonas cumbres, de tránsito y acumulación de materia, para ello se tomó como referencia los criterios señalados por Priego-Santander *et al.* (2010), que clasifica a las mesoformas en: a) complejos de cimas y puertos,

b) complejos de laderas y barrancos, c) colinas residuales, d) interfluvios y arroyos distributarios, f) terrazas y barrancos, y g) superficies y cauces.

Posteriormente se llevó a cabo la unión de las formas intermedias del relieve con las localidades, así se obtuvo el mapa de parajes complejos. De manera conjunta con este paso nuevamente se procedió a efectuar una actualización de los documentos de texto y hoja de cálculo creados para la conformación de la leyenda del mapa.

Finalmente para los parajes a nivel de paisaje simple se efectuó una superposición del mapa de parajes complejos con las pendientes, y que conformó la base de trabajo preliminar, dentro de este paso se llevaron a cabo superposiciones virtuales con el suelo y la vegetación –, atributos del paisaje-, la finalidad de este paso consistió en completar la propuesta de leyenda a incluir en la hipótesis cartográfica.

37

8.2.3 Levantamientos de campo.

Verificación de la hipótesis cartográfica.

A partir de la propuesta cartográfica generada en gabinete, se procedió a su validación en campo mediante recorridos terrestres y con apoyo de un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Para ello, se seleccionaron los puntos de verificación en aquellas unidades donde existieron faltas de correspondencia entre los componentes de la estructura vertical, paisajes representativos en función de su abundancia – singularidad y fenómenos de particular interés para el trabajo de investigación, como es la presencia del agrosistema cacaotal.

Se programó un itinerario de campo en función de la cercanía o lejanía de los puntos a verificar y las vialidades de acceso a las mismas, la validación en sitio correspondió a la toma de anotaciones y fotografías, en donde a partir de inspecciones visuales se corroboró las geoformas y los tipos de vegetación, para el caso particular del suelo se llevaron a cabo

inspecciones de cortes en taludes y donde no existieron, se procedió al levantamiento de calicatas y pruebas de campo (Color, textura, estructura), de acuerdo con el método propuesto por Bautista *et al.*, (2023).

Levantamiento florístico.

La caracterización de flora se realizó con base en una adaptación del método propuesto para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), que consiste en la realización de una unidad primaria denominada conglomerado o rodal, que en su interior se encuentra compuesta por cuatro unidades rectangulares secundarias (figura 8.3). Esta técnica se utiliza para el muestreo de selvas altas, medias y bajas, selva de galería, manglar, popal, tular y vegetación halófila-hidrófila (CONAFOR, 2010).

38

La adaptación propuesta para la caracterización de la flora en los parajes complejos identificados en ambas cuencas consistió en limitar los puntos de muestreo a las superficies ocupadas por una sola de las unidades que integran al rodal.

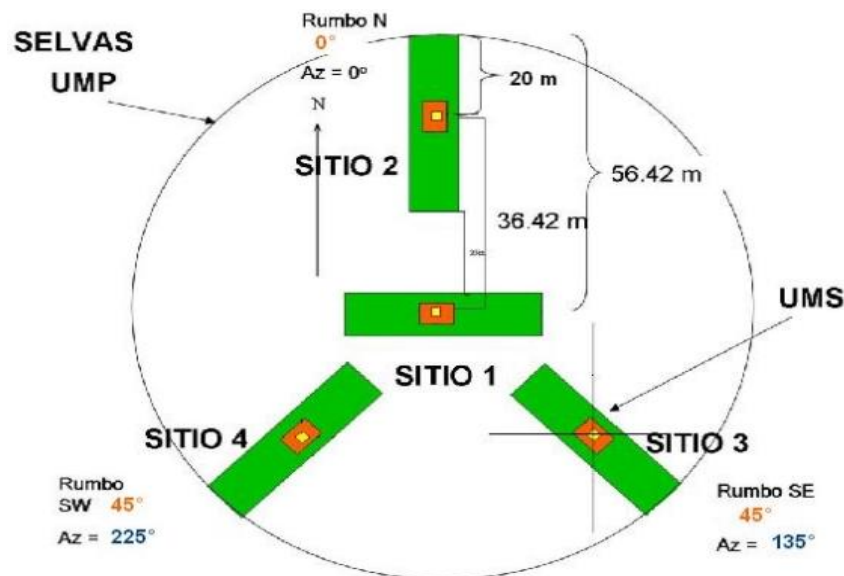


Figura 8.3 Detalle de la forma de la unidad de muestreo primaria y secundaria propuesto para la vegetación de selva (Fuente: CONAFOR, 2010).

Para el inventario de flora fueron establecidos tres estratos, definidos por diferentes criterios dasométricos (Moreno, 1984; CONAFOR, 2010 y Pérez-Farrera *et al* 2015), los cuales se describen a continuación:

- Estrato arbóreo: Dentro de esta categoría se incluyó a todas las especies vegetales perennes con tallos lignificados que se ramifican generalmente por encima de su base y alcanzan una altura superior a los 3 metros; el diámetro a la altura del pecho (DAP), medida que se toma aproximadamente a una altura de 1.3 metros sobre la superficie del suelo debió ser igual o mayor a 7.5 cm. Para la contabilización de las especies pertenecientes dentro de este estrato se estableció un sitio de 400 m² a partir de una parcela rectangular de 40 X 10 metros.
- Estrato arbustivo: La segunda categoría que se delimitó corresponde a los arbustos, contempló a todas las especies leñosas que se ramifican en su base o muy cerca de ella; con alturas que oscilaran entre los 25 cm hasta los 3 metros; y un diámetro a la altura del pecho (DAP) inferior a los 7.5 cm. La contabilización de ejemplares se llevó a cabo en un sub-sitio de 12.56 m² a partir de una parcela de 3.54 X 3.54 metros. Dentro del estrato arbustivo no se contabilizó el renuevo de especies arbóreas.
- Estrato herbáceo: Este estrato englobó a todas las especies vegetales que no cuentan con un tallo lignificado, son anuales principalmente y sus alturas suelen ser bajas; se pueden destacar las hierbas verdes y los helechos. El muestreo de este estrato se llevó a cabo dentro de un área de 1 m² a partir de una parcela de 1 X 1 metro. Al igual que en el caso del estrato arbustivo, no se consideró como hierbas al renuevo de especies arbóreas y arbustivas.

Es importante señalar que dentro de la fase de caracterización de la vegetación, se realizó el empleo de un VANT para análisis remoto de la cobertura arbórea en sitios de difícil acceso o limitaciones sociales, en ambas técnicas de muestreo se prestó especial atención a la

distribución de las especies, con la finalidad que un registro no fuera contabilizado más de una vez dentro de un mismo CTN, esta consideración parte del hecho que los análisis de heterogeneidad se sustentan en la riqueza de especies (S) por paraje complejo y la repetición de las mismas representaría un sesgo en los resultados (Priego-Santander *et al* 2003).

Los resultados obtenidos en campo fueron corroborados mediante la consulta de bases de datos en geoportales, en la cual existieran registros de instituciones dedicadas al estudio de la flora nativa en la entidad, como el Herbario “Eizi Matuda” del Instituto de Ciencias Biológicas de la UNICACH, el Herbario Chiapas de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, y el Herbario San Cristóbal del Colegio de la Frontera Sur. Esta información se utilizó para crear una base de datos para el posterior análisis de heterogeneidad del paisaje y diversidad biológica.

8.2.4 Análisis en gabinete.

En esta etapa se realizó la rectificación de la cartografía a partir del procesamiento de toda la información que fue recolectada en campo y que permitió implementar los ajustes necesarios para la obtención de la versión final de las unidades de paisajes; posterior a las correcciones se procedió a la elaboración de la plantilla del mapa de acuerdo a las normas cartográficas establecidas por la institución académica o aplicables en el territorio nacional.

A partir de la versión final del mapa de los PFG, se realizó la contabilización de localidades, parajes simples y parajes complejos. En este último nivel tipológico, también se consideraron la totalidad de los polígonos. Estos datos se registraron en una hoja de cálculo, donde se asociaron adicionalmente las especies de flora presentes en cada paraje complejo. Con toda esta información, se procedió al análisis de la heterogeneidad.

Para establecer la relación entre la heterogeneidad del paisaje y la diversidad biológica, se aplican varios índices utilizados en ecología y Geografía. En el primer caso, se considera la riqueza (S) y la abundancia (N) de especies biológicas. En cuanto al paisaje, las especies (S)

se reemplazan por los parajes simples, y su abundancia (N) se refiere a la cantidad de polígonos de cada uno de estos. De acuerdo con Priego-Santander *et al.* (2013), Morales-Iglesias y Priego-Santander (2020) y Alfonso Martínez *et al.* (2024), se propone el uso de nueve índices (Tabla 8.2).

Tabla 8.2 Índices de heterogeneidad (Fuente: Elaborado a partir de Priego-Santander *et al.*, 2003; Ramírez-Sánchez *et al.*, 2016; Morales-Iglesias y Priego-Santander, 2019).

Índice	Ecuación	Descripción	Referencia
Complejidad Corológica (CC)	$CC = n_i / A$	Calcula el número de parajes simples por unidad de área.	Snacken y Antrop (1983)
Complejidad Tipológica (CT)	$CT = n_i / N_c$	La repetitividad que tienen los parajes simples hacia el interior de los parajes complejos.	Snacken y Antrop (1983)
Riqueza de paisajes (R)	$R = N_c / N_{cMax}$	Contabiliza el número máximo de parajes simples que pudieran contener los parajes complejos.	Romme (1982)
Diversidad de McIntosh (U)	$U = \sqrt{\sum n_i^2}$	Calcula los parajes complejos con mayor representatividad en una localidad.	Baev (1995)
Diversidad de Shannon-Weaner (H)	$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$	Expresa la uniformidad de cada clase, a través de los parajes complejos.	Hutcheson (1970)
Dominancia de McIntosh (D)	$D = (N \sqrt{\sum p_i^2}) / (N - \sqrt{N})$	Permite calcular el grado de influencia que ejerce los polígonos sobre los parajes complejos.	McIntosh (1991)
Dominancia de Turner (D1)	$D = H_{max} - H$	Calcula la proporción entre la cantidad de polígono y número de parajes complejos.	Turner (1989)
Abundancia de Pielou (E)	$E = H / \ln(N_{cMax})$	Calcula la proporción de la diversidad observada en relación con la diversidad máxima esperada.	Baev (1995)

Índice	Ecuación	Descripción	Referencia
Abundancia de Hill (E')	$E' = (\sum p_i^{-2})^{-1} / \exp [-\sum p_i \log_2 p_i]$	Calcula el número de parajes complejos presentes en una localidad	Baev (1995)

Donde n_i =Número de polígonos de la clase i (Paraje simple) en la unidad (Paraje complejo); N_c =número de clases de paisajes (Parajes simples) presentes en la unidad (Paraje complejo); N_{cmax} =número máximo de clases de paisajes (Parajes simples) con posibilidad de ocurrir en la unidad (Paraje complejo); A = área de la unidad en km^2 ; $p_i=n_i/N$; N = número total de polígonos en la unidad (Paraje complejo) y S =Número de especies de flora por paraje complejo.

El procesamiento de los índices se llevó a cabo en una hoja de cálculo, y los resultados obtenidos se exportaron al software Past, versión 4.16 (NHM, 2024). En primer paso se llevó a cabo un test de normalidad que uso como base la prueba de Shapiro-Wilk la cual permitió definir si el conjunto de datos representó una distribución normal en función del valor de “ p ” con respecto al valor de significancia (alfa), los datos que no cumplieron con este supuesto fueron descartados.

La prueba paramétrica seleccionada para el análisis de datos fue la correlación lineal de Pearson (Priego-Santander *et al.*, 2013). Este modelo permitió analizar la relación entre una variable predictora, el índice de heterogeneidad del paisaje, y una variable respuesta, la diversidad biológica, que es representada en un sistema de coordenadas, donde los puntos se acercan a una línea recta, y que toman valores de +1 o -1, mismos que indican una correlación fuerte, positiva o negativa, respectivamente (Johnson y Kuby, 2008; Spiegel y Stephens, 2009).

Tras obtener los resultados, se identificaron los valores más significativos mediante el análisis del valor de p ; posteriormente se consideraron representativos aquellos menores a 0.05 ($p < 0.05$); Después se aplicó un análisis de regresión lineal para seleccionar los valores de R^2 más representativos, finalmente, estos resultados fueron visualizados en cartogramas clasificados mediante el método de rompimientos naturales.

9. RESULTADOS OBTENIDOS

9.1 Inventario de los Paisajes Físico-Geográficos.

El área de estudio se encuentra compuesta por cinco localidades, siete parajes complejos y 34 parajes simples (Figura 9.1). La descripción general de las unidades de paisaje se presenta a continuación:

I. Montañas tectónico-acumulativas medianamente diseccionadas (DV=251-500 m/km²), formadas por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo: Esta localidad se localiza en la zona poniente de la cuenca y se distingue por su amplitud territorial -18.2 Km²-. Respecto a la estructura horizontal, este paisaje está conformado por los siguientes niveles taxonómicos: dos parajes complejos y 14 simples, en donde el ángulo de inclinación del terreno establece un amplio rango (5° a 45°), por su parte, la cobertura vegetal está integrada por pastizales cultivados, agricultura de temporal y selva alta perennifolia secundaria, mientras que el componente edáfico es representado por los siguientes grupos: Luvisoles, Acrisoles, Leptosoles y Vertisoles (Figura 9.2).

II. Lomeríos tectónico-acumulativos medianamente diseccionados (DV=61-80 m/km²) formados por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo: Esta localidad está representada por dos unidades, estas se sitúan al norte y sur de la cuenca, y sobresalen por su amplitud territorial, al ocupar 2.95 km². Referente a la estructura horizontal, esta se compone por dos parajes complejos y ocho parajes simples, donde las pendientes establecen un rango de 5° - 20°. Respecto a la cobertura vegetal, esta se conforma de pastizales cultivados y áreas con actividades agrícolas de temporal, asentadas sobre suelos clasificados como Luvisoles, Cambisoles y Acrisoles (Figura 9.3).

III. Lomeríos tectónico-acumulativos ligeramente diseccionados (DV=41-60 m/km²) formados por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo: Este tipo de relieve se caracteriza por abarcar la menor extensión territorial en la cuenca con 0.25 Km², se

localiza al norte-oriental. Respecto a la estructura horizontal, este geosistema se constituye por las siguientes categorías taxonómicas: un paraje complejo y dos parajes simples, con rangos de pendiente moderados -5° a 15° -. En relación al componente vegetal, este presenta únicamente pastizales cultivados, mismos que se distribuyen sobre una cobertura edáfica compuesta por Luvisoles y Cambisoles (Figura 9.4).

IV. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas fuertemente diseccionadas (DV=31-40 m/km²) formadas por grava y arena, en clima cálido húmedo: Este paisaje se distribuye en dos unidades que se ubican al norte y sur de la cuenca, que representan una superficie de 2.67 Km². Los niveles taxonómicos corresponden a: un paraje complejo y seis parajes simples, donde los rangos de pendientes son fuertes a ligeramente inclinadas por situarse de 15° a $>3^{\circ}$ -. Referente a la cobertura vegetal, esta se conforma principalmente por pastizales cultivados intercalados por remanentes de áreas de cultivos agrícolas de temporal, asentados sobre grupos de suelos catalogados como Acrisoles, Luvisoles, Vertisoles, Cambisoles y Gleysoles (Figura 9.5).

V. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas ligeramente diseccionadas (DV=16-20 m/km²) formadas por grava y arena, en clima cálido húmedo: Esta localidad se encuentra dividida en dos unidades que se distribuyen al norte y sur de la cuenca, en conjunto representan una superficie de 0.98 Km². Referente a la estructura horizontal, esta se integra por los siguientes niveles taxonómicos: un paraje complejo y cuatro parajes simples, estos presentan pendientes ligeras -5° a $>3^{\circ}$ -, en cuanto a la cobertura vegetal, destaca la presencia de pastizales cultivados y remanentes de áreas de cultivo de temporal, mientras que el componente edáfico está integrado por Vertisoles, Cambisoles y Gleysoles.

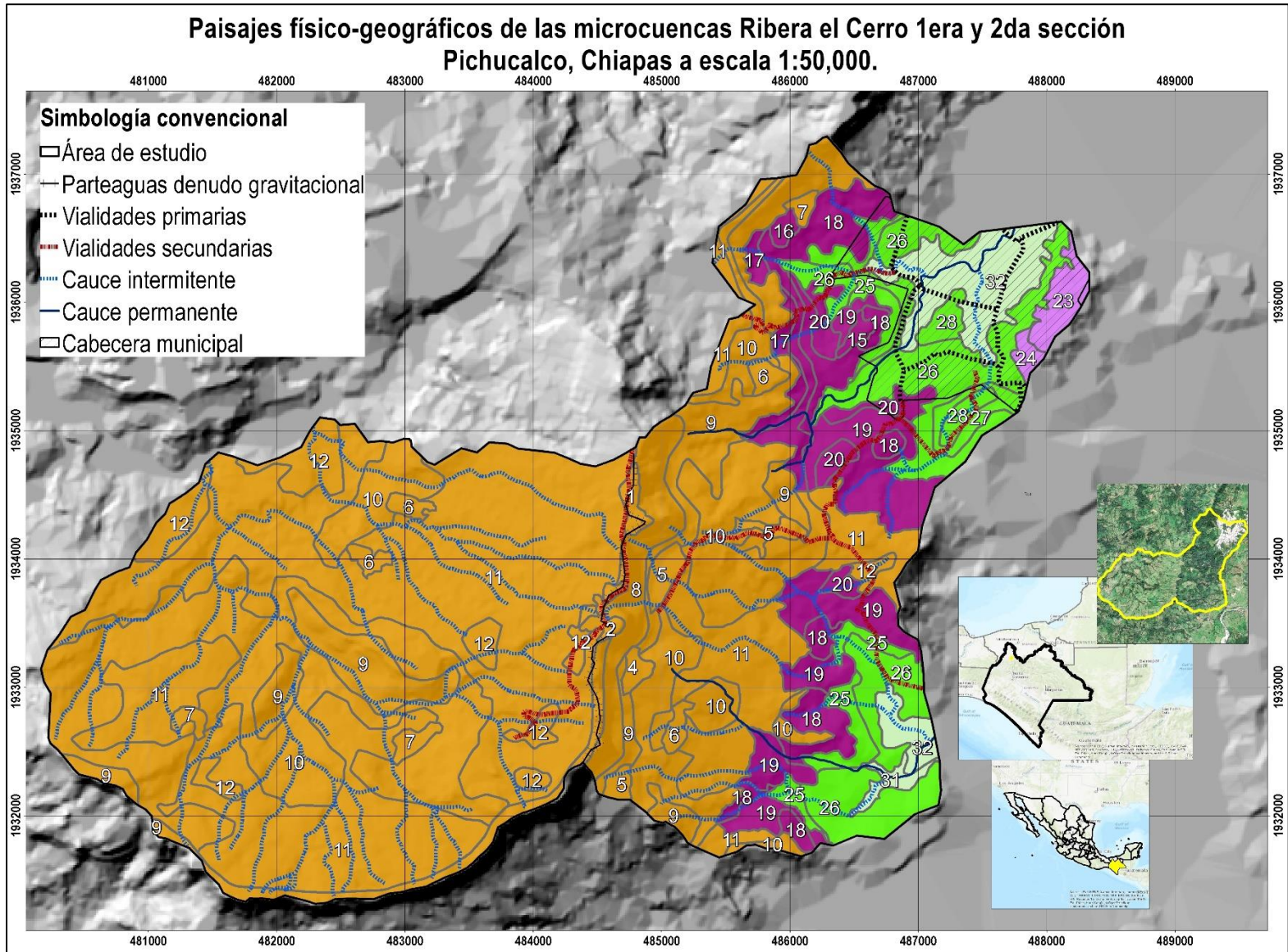


Figura 9.1 Paisajes físico geográficos delimitados para el área de estudio en el municipio de Pichucalco, Chiapas (Elaboración propia).

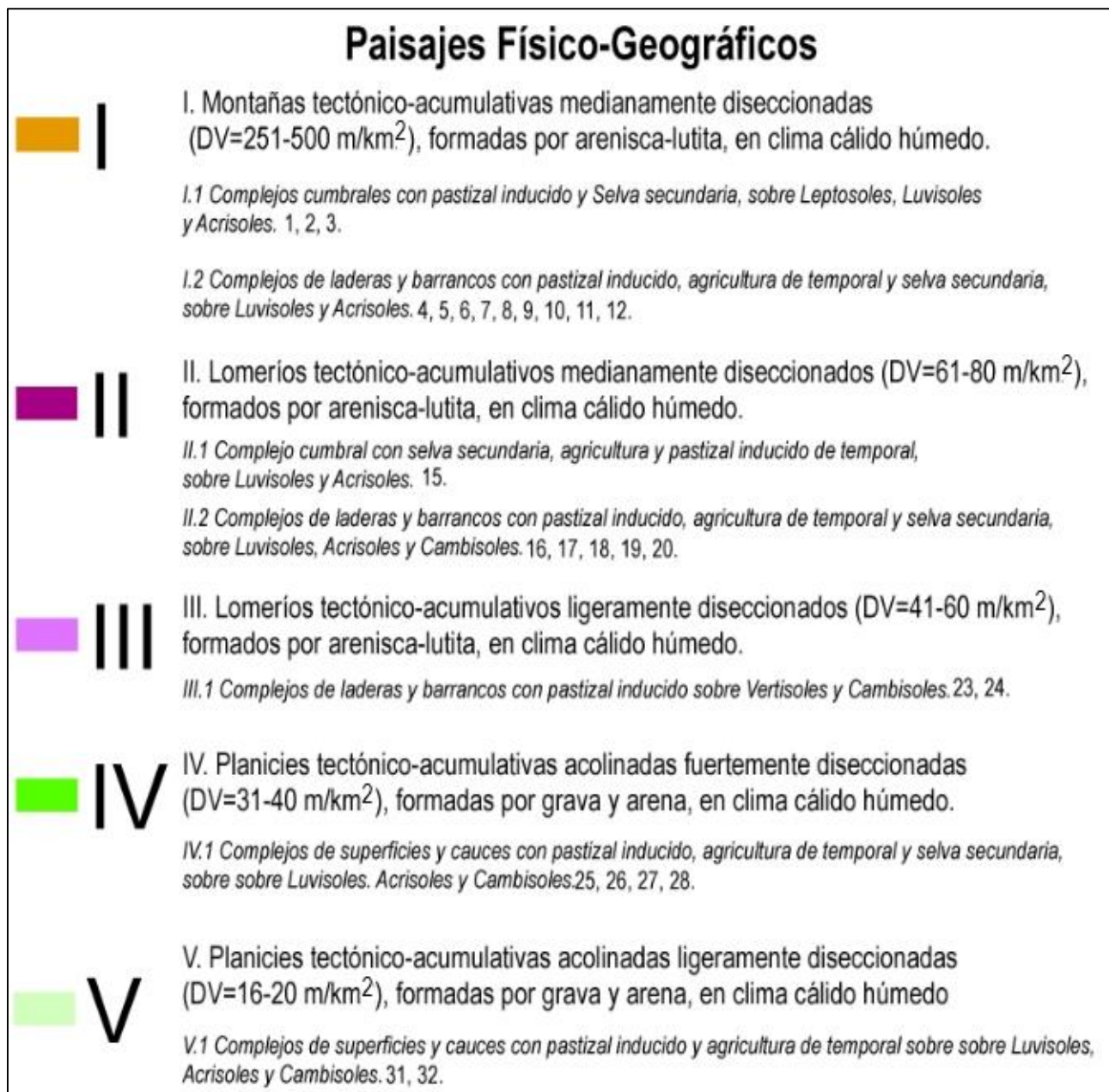


Figura 9.2 Leyenda del mapa de paisajes físico-geográficos de las microcuencas Ribera el Cerro 1era y 2da. Sección.

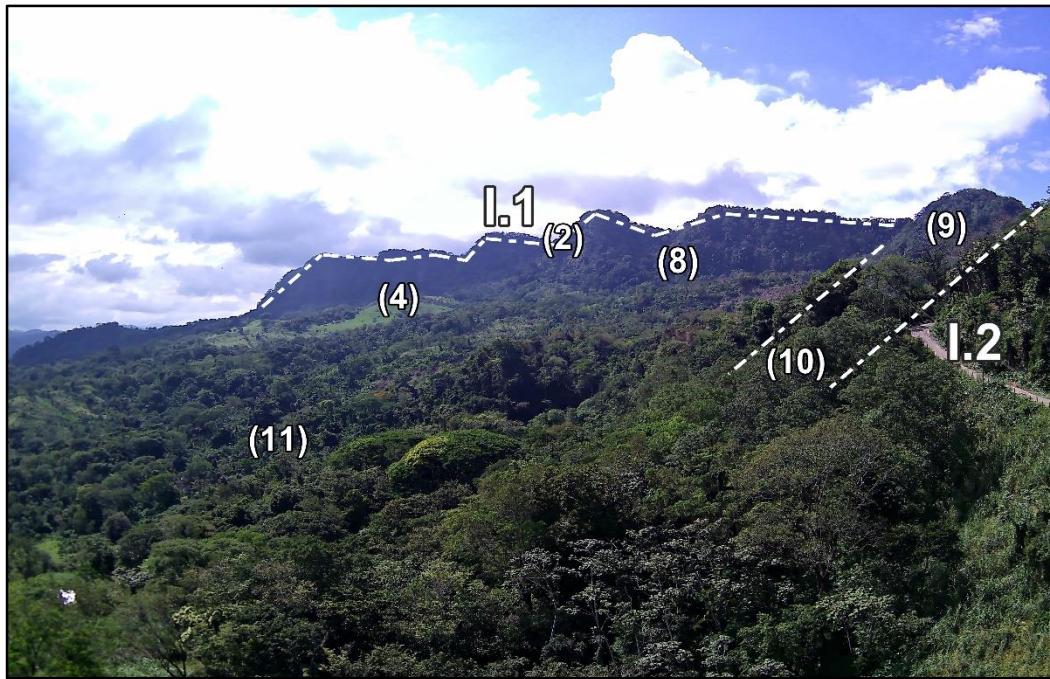


Figura 9.3 Vista panorámica aérea de la localidad I, se destacan los complejos cumbrales y las laderas (Fuente: Autoría propia)

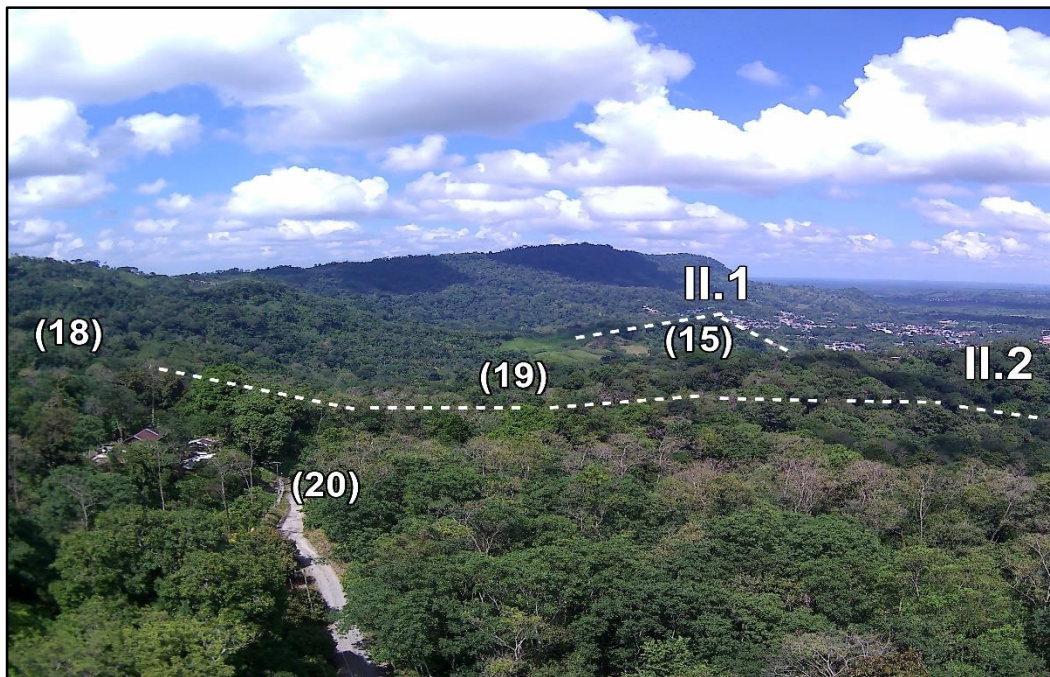


Figura 9.4 Fotografía aérea tomada en la localidad II, en la que se resalta la presencia de los lomeríos medianamente diseccionados (Fuente: Autoría propia).

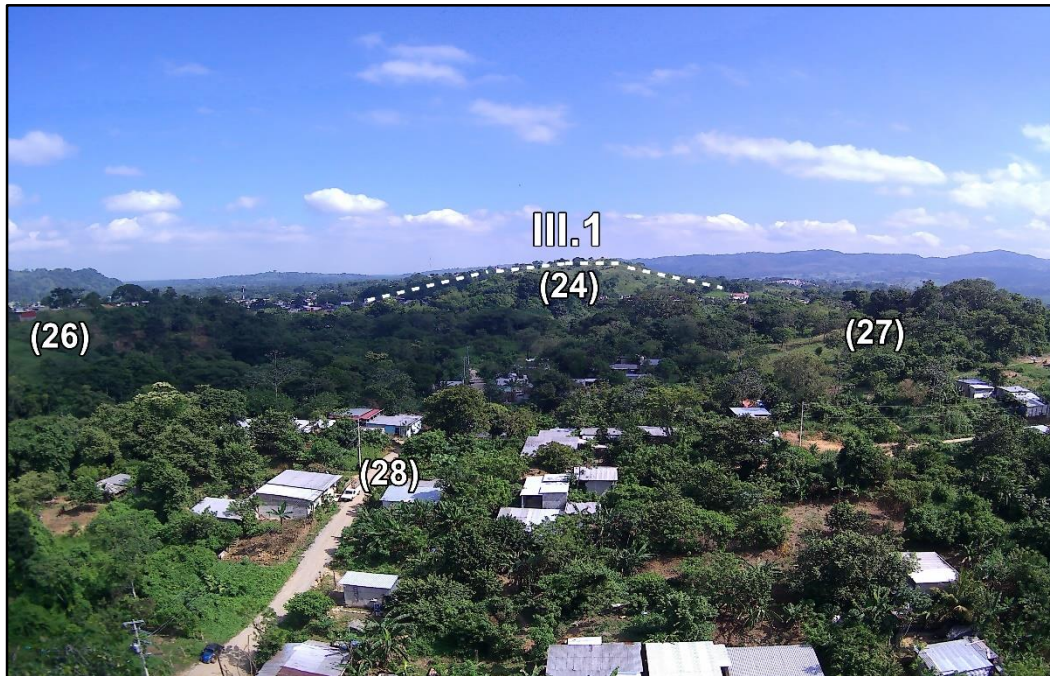


Figura 9.5 Vista aérea que permite identificar la localidad III, la cual corresponde al paisaje más pequeño de la cuenca (Fuente: autoría propia)

48

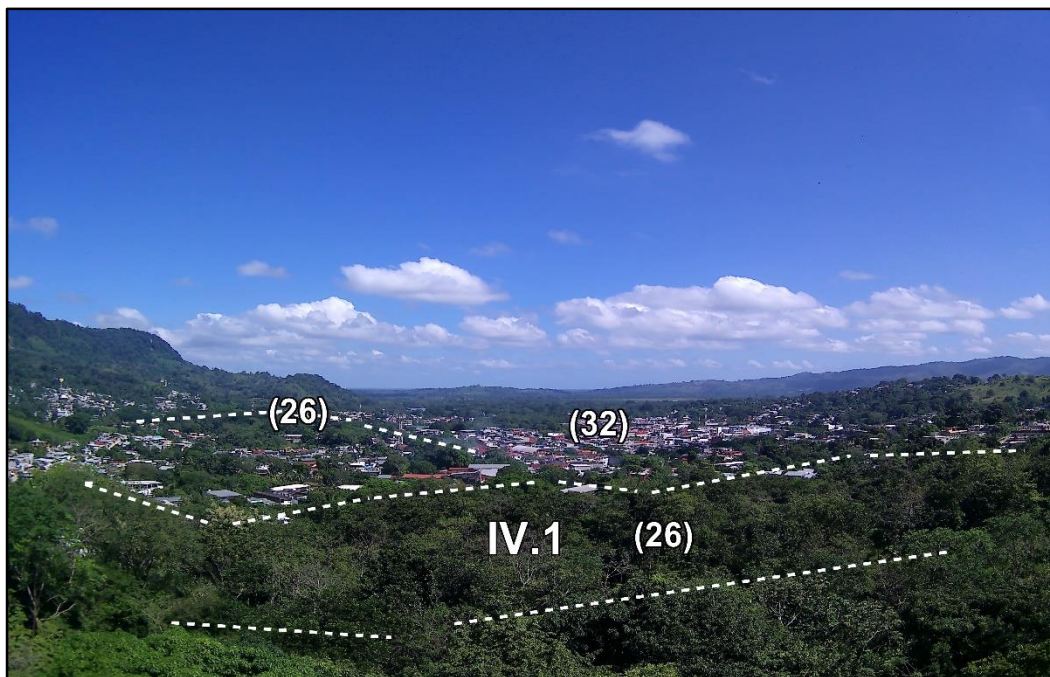


Figura 9.6 Panorámica aérea que permite identificar parte de la localidad IV, correspondiente a planicies acolinadas fuertemente diseccionadas (Fuente: Autoría propia).

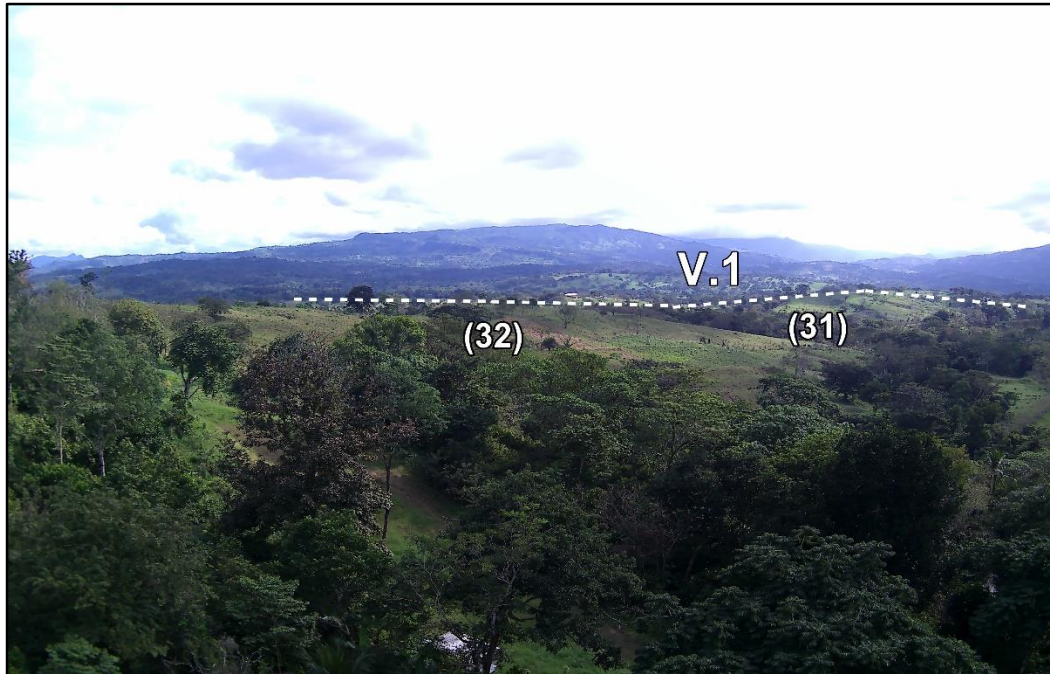


Figura 9.7 Fotografía aérea de la localidad V, donde se aprecia que corresponde a planicies con poca pendiente (Fuente: Autoría propia).

9.2 Inventario florístico.

Como parte preliminar del levantamiento del inventario dentro de la zona bajo análisis, se llevó a cabo la caracterización de los ecosistemas señalados en cada uno de los parajes simples, con la finalidad de corroborar que el uso de suelo manifestado en el mapa de paisajes fuera concordante con la realidad espacial de la cuenca. Como resultado, se identificaron los siguientes tipos de vegetación:

Pastizales inducidos: Esta categoría corresponde a comunidades vegetales que se desarrollan y prosperan posterior a la eliminación de la vegetación original, ya sea por incendios, desmonte o abandono de áreas destinadas a actividades agrícolas. Se caracterizan por la dominancia de pastos (gramíneas) y, comúnmente, presentan un uso de suelo orientado a la actividad ganadera (Figura 9.8).

Zonas agrícolas: En esta categoría se consideraron exclusivamente los Sistemas Agroforestales (SAF) de tipo “cacaotal”, definidos como sistemas de producción de cacao (*Theobroma* spp.) intercalado con especies vegetales leñosas que proporcionan sombra y generan subproductos de aprovechamiento simultáneo. Para su clasificación como SAF, el sistema debe constituir un medio de ingreso económico para los productores, y no limitarse a la presencia aislada de individuos de cacao (Figura 9.9).

Remanentes de vegetación de selva alta: Esta categoría comprende comunidades arbóreas que se desarrollan posterior a procesos de perturbación o desmonte de la vegetación original, representando etapas de regeneración o sucesión secundaria, generalmente distribuidas en forma de parches (SIEG, 2026). No se incluyen dentro de esta clasificación áreas cubiertas por vegetación inducida o cultivada (Figura 9.10).



Figura 9.8 Vista del tipo de vegetación catalogado como “pastizal inducido” presentes la cuenca, en la imagen se aprecia el uso pecuario que se le asigna al mismo.



Figura 9.9 Detalle de algunos de los cacaotales y uso de aprovechamiento agrícola que se le da al mismo.



Figura 9.10 Zonas con remanente de vegetación secundaria de selva alta perennifolia existentes en la cuenca.

Con respecto a la composición de la vegetación, dentro del área de estudio se realizó el levantamiento de 24 puntos de referencia (figura 9.8) que permitió el registro de un total de 194 especies, agrupadas en 173 géneros y 71 familias botánicas (anexo 13.3). Los puntos de muestreo fueron seleccionados cuidadosamente, de tal manera que se pudiera obtener información de la vegetación de cada una de las localidades plasmadas en el mapa de paisaje (figura 9.11).

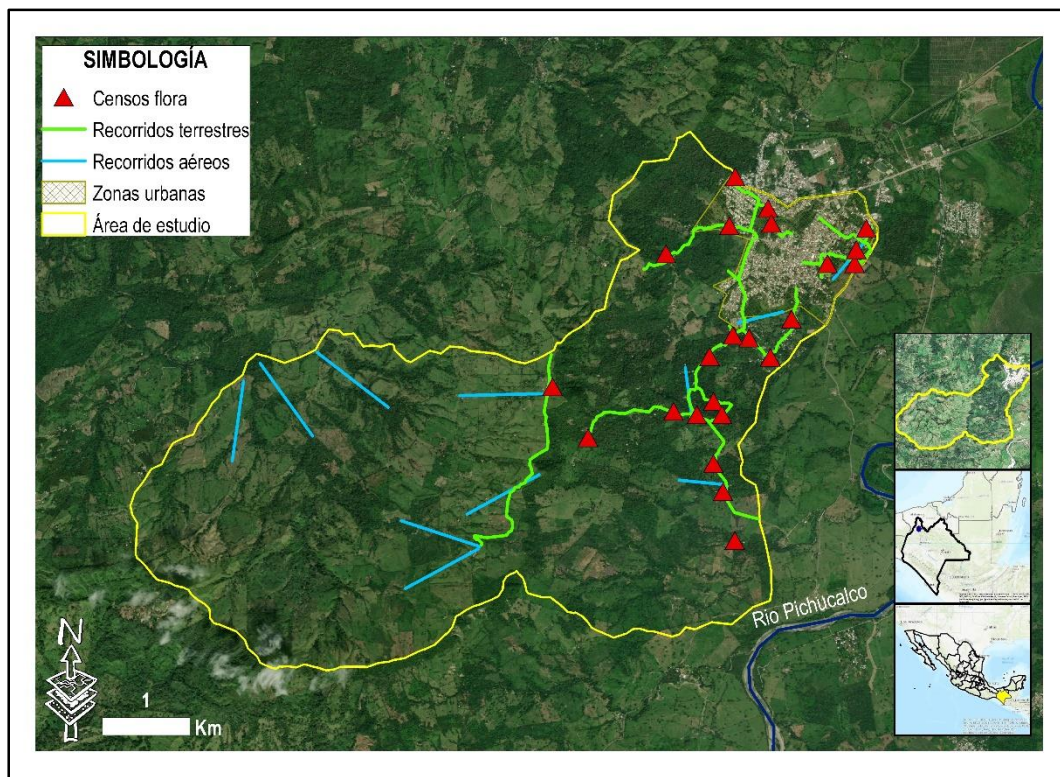


Figura 9.11 Localización tracks y puntos de muestreos que conformaron el inventario florístico
(Fuente: Elaboración propia)

El inventario de flora incluyó especies nativas e introducidas, con excepción de las plantas ornamentales o aquellas ubicadas en zonas completamente urbanizadas, como jardineras y patios de viviendas particulares. Referente a la distribución por cada estrato, dentro de la categoría arbórea se contabilizó un total de 61 especies, los arbustos agruparon 21 especies, mientras que las herbáceas fueron representadas por 112 especies.

Con respecto a las familias con mayor representatividad de especies dentro de la cuenca, se destacan a cuatro, mismas que corresponden a las Fabaceae (24), Asteraceae (13), Malvaceae (12) y las Araceae (7). Por su parte, para llevar a cabo una distribución espacial de la flora, se realizó la contabilización de especies por cada localidad y paraje simple (Figura 9.12); dentro de este proceso de sistematización de la información se consideró únicamente la riqueza (S), debido a que este es el único indicador que se requiere para llevar a cabo los cálculos y análisis estadísticos posteriores.

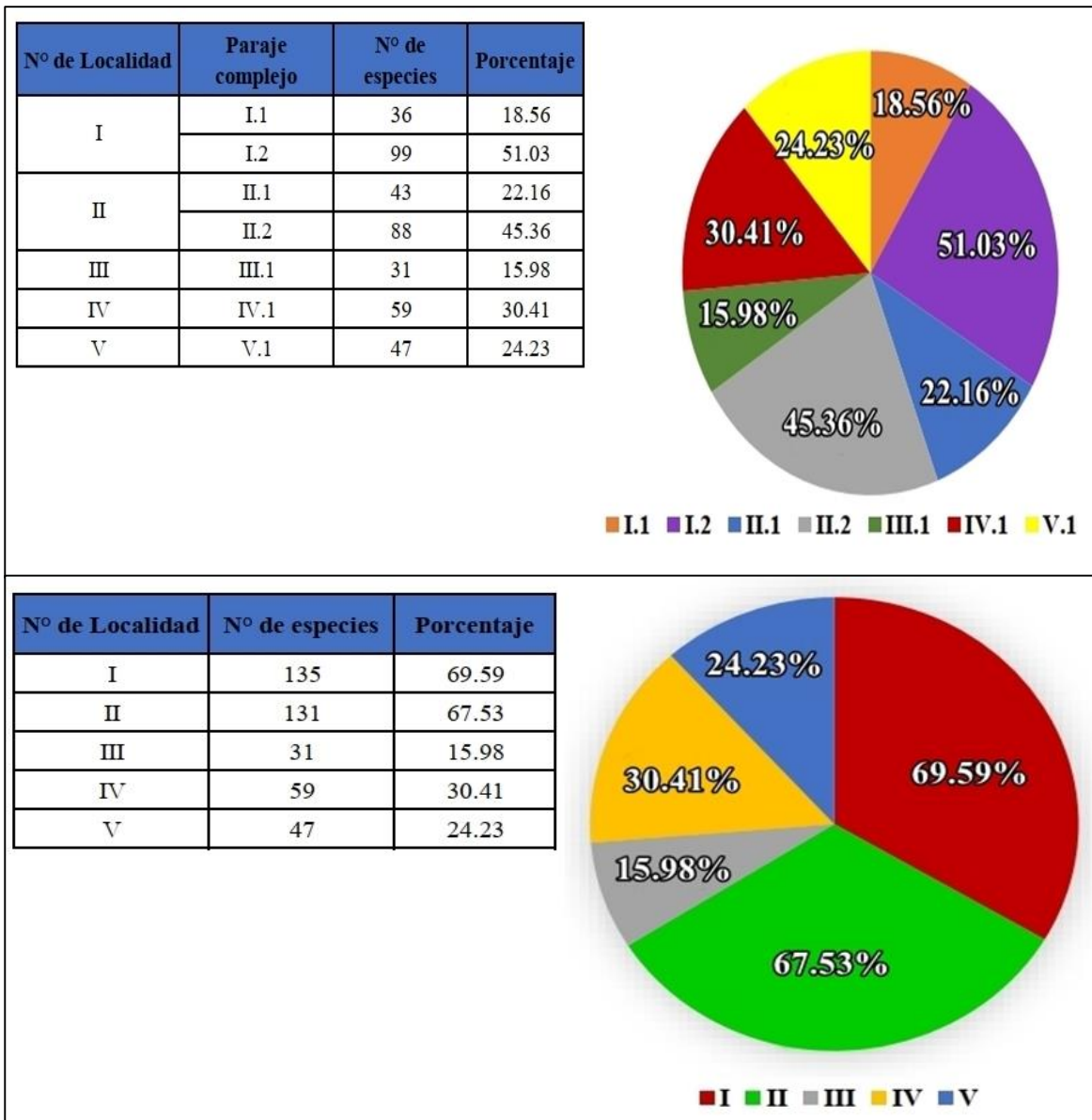


Figura 9.12. Representatividad de la diversidad florística dentro del área de estudio (Fuente: Elaborado a partir del trabajo en campo).

En cuanto a la distribución de la diversidad a nivel de localidades, se encontró que las localidades I y II albergan la mayor diversidad florística, dentro de cada una obtuvieron valores superiores al 60% de la totalidad de las especies inventariadas. Por otro lado, la localidad III presentó la menor riqueza florística, con solo el 15.9% de las especies identificadas en la zona de estudio.

Con respecto a la distribución de la diversidad botánica a nivel de parajes complejos, se identificó que los parajes I.2 y II.2, ambos asociados a complejos de laderas y barrancos, concentraron el mayor porcentaje de especies. En cada uno, el número de especies contabilizadas superó el 40% del total registrado en la zona de estudio. Por el contrario, el paraje complejo III.1, también correspondiente a complejos de laderas y barrancos, presentó la menor diversidad florística, con solo un 15.9%.

9.2 Heterogeneidad del paisaje.

A partir del mapa de paisajes se realizó la contabilización de la totalidad de parajes complejos, parajes simples y los polígonos que integran esta última categoría, la obtención de esta información permitió al cálculo de los índices de heterogeneidad señalados en la metodología, a los cuales finalmente se les adicionó el número de especies de plantas vasculares registradas (Tabla 9.1).

Tabla 9.1 Inventario de paisajes y cálculo de índices de heterogeneidad (Elaboración propia).

CTN	Área Km2	Polígonos (P_simple)	P_simple (NC)	P_simple (Nmax)	CC	R	CT	U	H	Hmax	D	D1	E	E'	S
I.1	0.14	8	5	18	14.18	8.00	1.00	3.74	0.089	0.693	0.604	0.081	0.037	0.324	36
I.2	18.06	62	8	18	2.44	36.00	4.89	23.45	0.339	2.197	1.859	0.617	0.141	0.252	99
II.1	0.04	2	2	12	24.39	4.00	1.00	1.41	0.053	0.000	-0.053	0.000	0.029	0.336	43
II.2	2.91	21	6	12	6.79	20.00	4.00	10.34	0.342	1.609	1.268	0.307	0.191	0.252	88
III.1	0.25	2	2	2	8.00	8.00	1.00	1.41	0.089	0.693	0.604	0.081	0.128	0.324	31
IV.1	2.67	12	4	6	4.54	16.00	3.00	6.78	0.278	1.386	1.108	0.201	0.116	0.268	59
V.1	0.98	3	2	4	3.04	8.00	1.50	2.24	0.119	0.693	0.574	0.085	0.050	0.314	47

CC= Complejidad Corológica. R= Riqueza de paisajes. CT=Complejidad tipológica. U=Diversidad de McIntosh. H=Diversidad de Shannon-Weaner. Hmax=Diversidad máxima. D= Dominancia de McIntosh. D1= Dominancia de Turner. E= Abundancia de Pielou. E'=Abundancia de Hill. S= Riqueza de especies.

Con respecto al inventario de paisajes presentado en la tabla 9.1, se pudo observar que las localidades I y II fueron aquellas que presentaron la mayor cantidad de parajes simples – 68% del total-. En particular, se observó que los complejos de cornisas, laderas y barrancos de estas localidades concentraron el mayor número de parajes simples.

Por su parte, las localidades con menor grado de heterogeneidad fueron la III y V; en cada una de ellas se registró únicamente un paraje complejo y el 8% de los parajes simples de toda la cuenca. En cuanto a la localidad IV, esta se situó como aquella con un intervalo medio de la riqueza de paisajes, en el mismo se contabilizó un paraje simple, el cual agrupo el 16% del total de parajes simples de la cuenca.

Lo anterior se puede señalar en los parajes I.2 y II.2, mismos que exhiben mayor complejidad en su pendiente, que presentó variaciones desde muy fuertemente inclinadas hasta ligeramente inclinadas. Mientras que, los parajes III.1 y V.1 mostraron pendientes que se clasificaron entre mediana a muy ligeramente inclinadas. De igual manera, en términos de distribución, los complejos I.2 y II.2 comprenden el 84% de la superficie de la cuenca, mientras que los complejos III.1 y V.1 solo representan el 4.9% del área total

9.2 Paisaje y diversidad biológica.

A partir de la prueba de normalidad se obtuvo que la mayoría de los índices analizados presentaron una distribución normal (arreglo simétrico en torno a un valor central), con excepción del índice de diversidad de McIntosh (Tabla 9.2). En consecuencia, dicho parámetro no se considera apto para ser analizado mediante pruebas paramétricas; por lo tanto, fue excluido de los análisis estadísticos posteriores.

Tabla 9.2 Valores de normalidad obtenidos para los cálculos de heterogeneidad del paisaje
(Fuente: Elaboración propia).

	CC	R	CT	U	H´	HMax	D	D1	E	E´
Shapiro-Wilk W	<i>0.836</i>	<i>0.834</i>	<i>0.828</i>	0.773	<i>0.821</i>	<i>0.944</i>	<i>0.955</i>	<i>0.828</i>	<i>0.915</i>	<i>0.827</i>
p(normal)	<i>0.091</i>	<i>0.088</i>	<i>0.076</i>	0.022	<i>0.066</i>	<i>0.670</i>	<i>0.773</i>	<i>0.076</i>	<i>0.429</i>	<i>0.074</i>

Nota: Los valores con una distribución normal se encuentran resaltados en color negro, y cursivas.

De acuerdo con los datos obtenidos del análisis de correlación lineal, se observó que siete indicadores presentaron una correlación significativa (Tabla 9.3). En cuanto a la dirección, seis de los índices mostraron una tendencia positiva, mientras que uno evidenció una trayectoria negativa (Figura 9.13)

Tabla 9.3 Matriz de correlación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de flora (Fuente: Elaboración propia)

R	Índices de heterogeneidad del paisaje									
	CC	R	CT	U	H	Hmax	D	D1	E	E´
S	-0.479	<i>0.916</i>	<i>0.978</i>	0.906	<i>0.923</i>	<i>0.876</i>	<i>0.853</i>	<i>0.914</i>	0.690	-0.916

Nota: Las correlaciones que se encuentran indicadas en color rojo y cursiva refieren valores donde $P < 0.05$ o incumplen con el principio de una distribución normal.

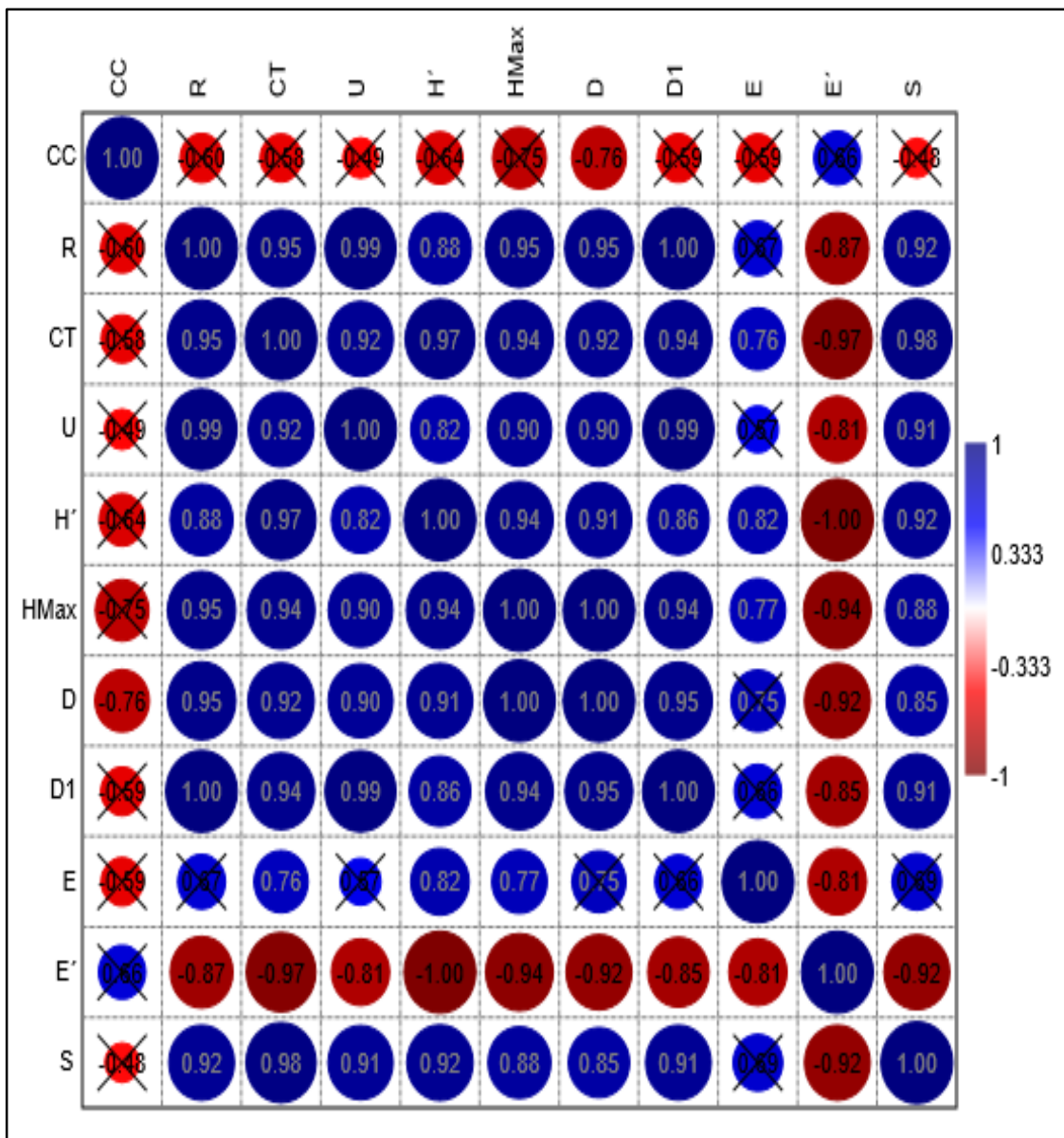


Figura 9.13 Distribución de las correlaciones positivas y negativas obtenidas como significativas para el proyecto (Fuente: elaboración propia).

Finalmente, los valores de los índices de heterogeneidad del paisaje más significativos fueron sometidos a un análisis de regresión lineal simple, con el objetivo de determinar el grado de ajuste de los datos a una línea recta. En este proceso, el valor de R^2 se empleó para evaluar la calidad del modelo de regresión, al considerar que valores cercanos a 1 indican un alto nivel de explicación de los datos (Figura 9.14).

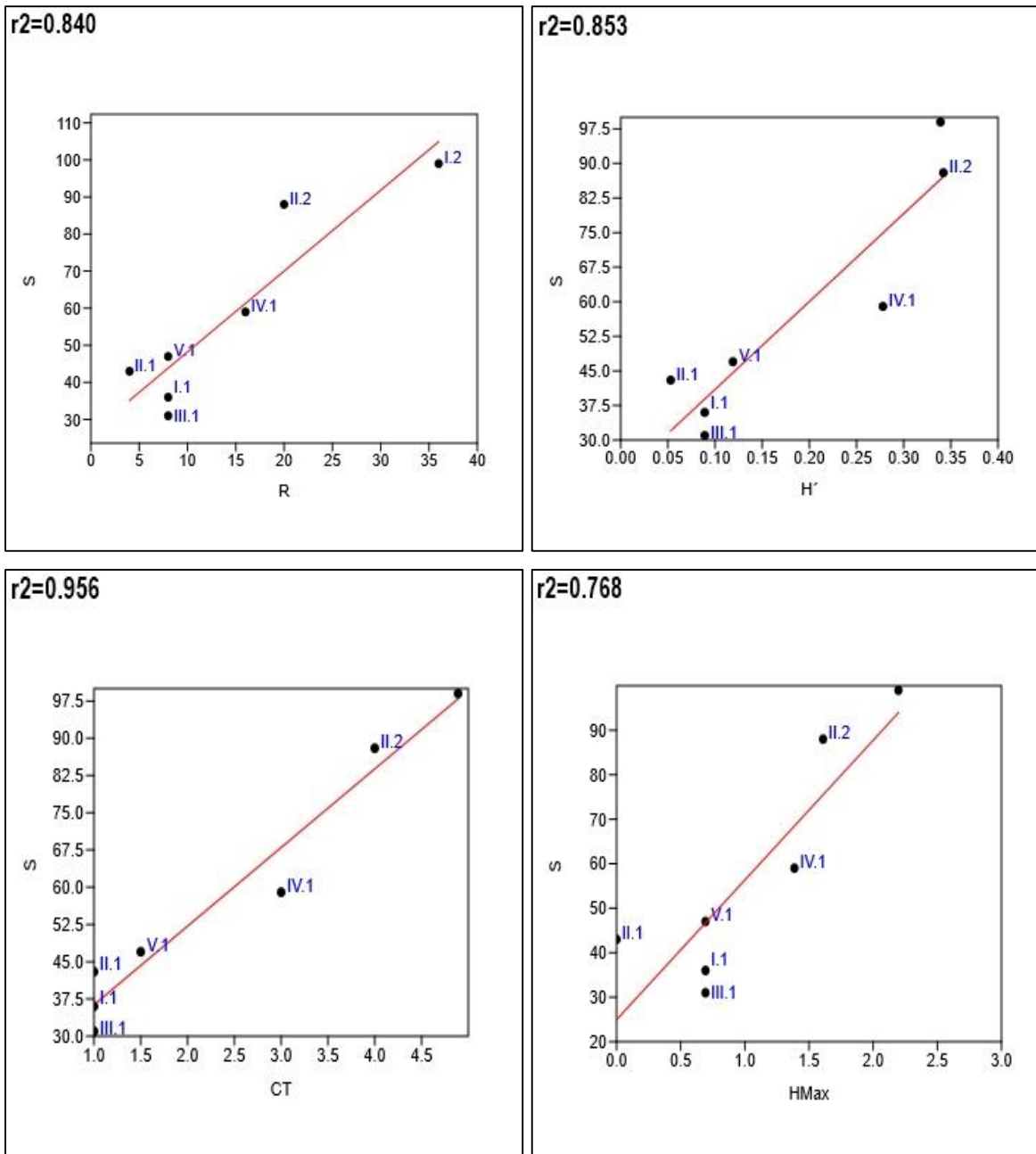


Figura 9.14 Continuación de la regresión lineal simple entre la diversidad de paisajes y riqueza de flora (Fuente: Elaboración propia).

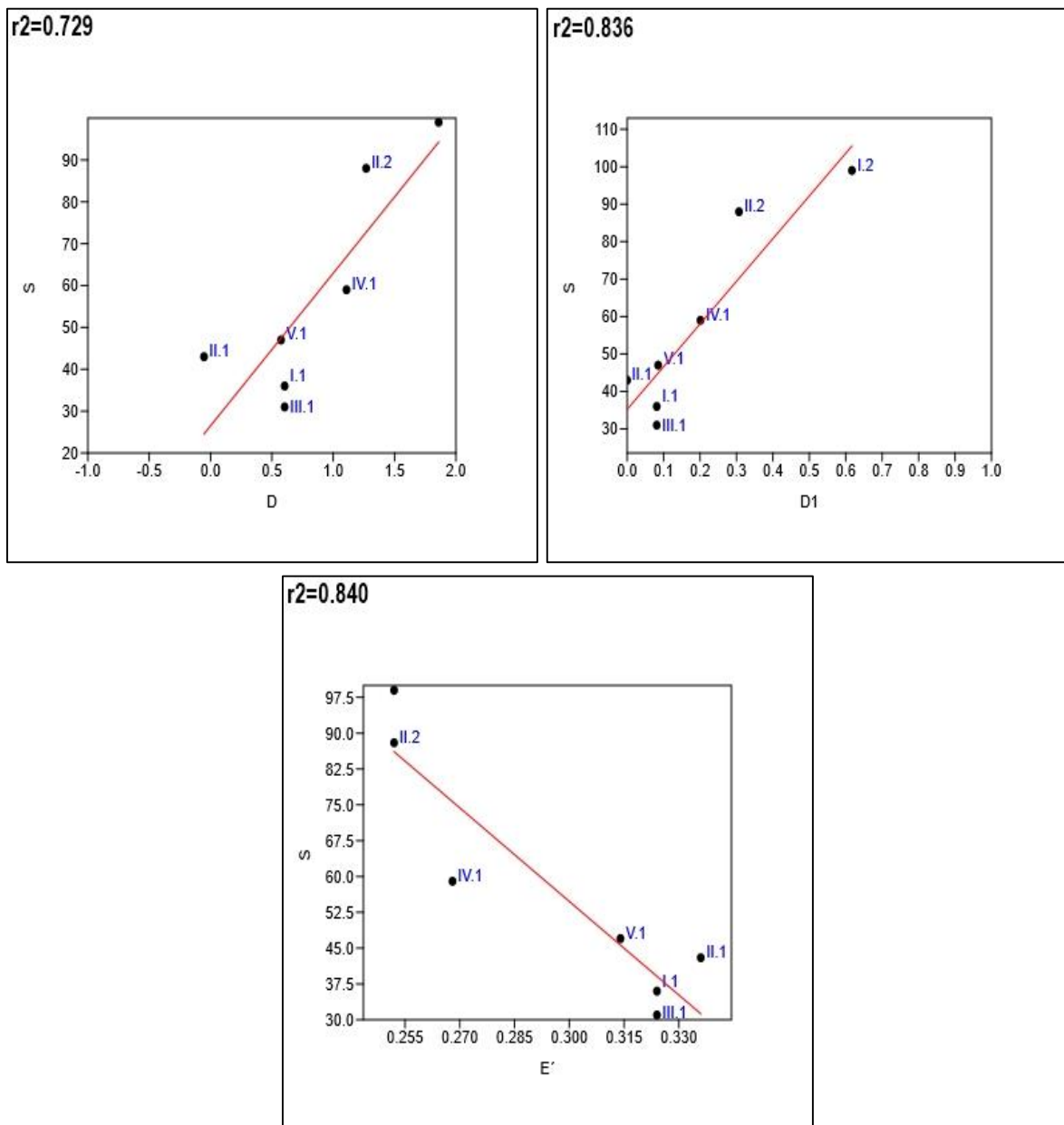


Figura 9.14 Continuación de la regresión lineal simple entre la diversidad de paisajes y riqueza de flora (Fuente: Elaboración propia).

De acuerdo con los resultados del análisis de correlación, se seleccionaron cuatro índices con mayor representatividad (Figura 9.13): Riqueza (R), índice de diversidad de Shannon (H'), índice de dominancia de Turner (D1) y abundancia de Hills (E'). La elección de estos

indicadores se fundamenta en su capacidad para explicar la abundancia y la dominancia. Asimismo, sus coeficientes de determinación (R^2) evidenciaron un mejor ajuste de los datos en el modelo de regresión. A continuación, se describe la distribución espacial de los índices seleccionados.

Riqueza de paisajes (R): Este indicador presentó una predominancia de valores catalogados como **ALTOS** y **MUY ALTOS** dentro de la zona de estudio (Figura 9.15). Esto indica que, en la cuenca, los parajes complejos cuentan con un número elevado de parajes simples en su interior. En este contexto, las unidades de mayor relevancia dentro de este indicador son las siguientes:

- I.2 Complejo de laderas y barrancos con actividad pecuaria, cultivos agrícolas y selva secundaria sobre Luvisol, Acrisol y Fluvisol: con un total de nueve parajes simples.
- II.2 Complejo de laderas y barrancos con cultivos agrícolas y actividad pecuaria sobre Luvisol y Acrisol: Con un total de cinco parajes simples.

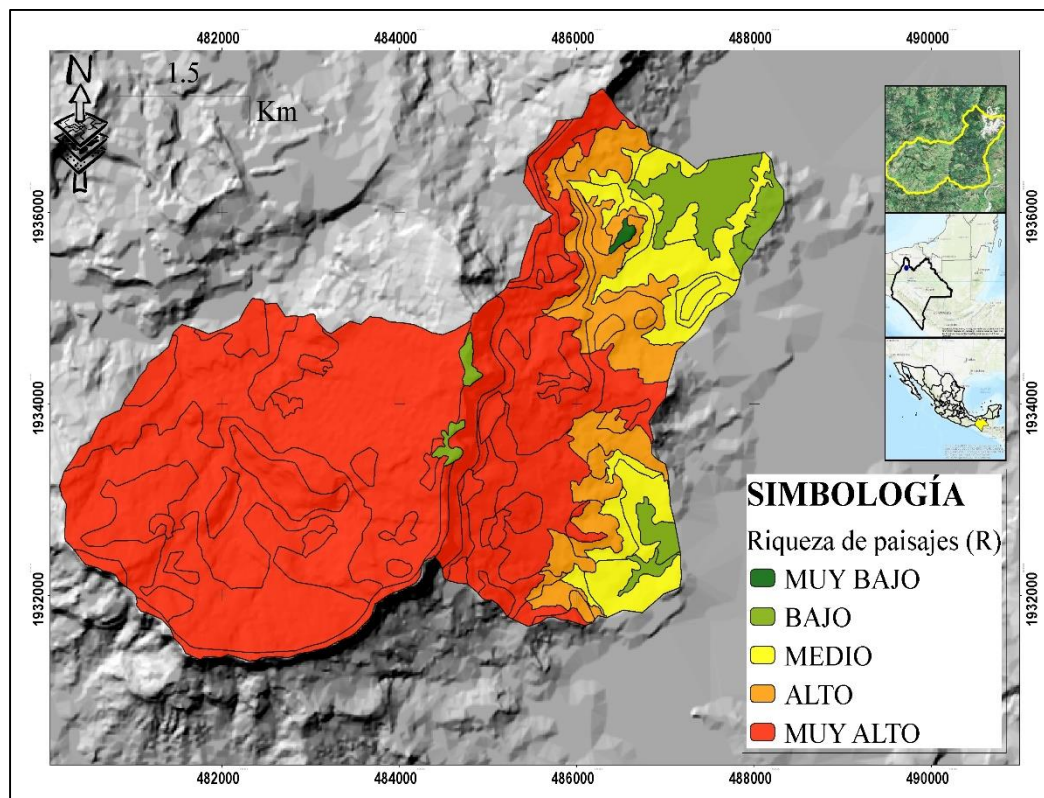


Figura 9.15 Distribución del indicador (R) dentro de la cuenca (Fuente: Elaboración propia).

Al analizar los valores de la regresión lineal, se observó una $R^2=0.916$, esto nos permite señalar que los datos presentados en el cartograma se ajustaron de manera adecuada al modelo y como resultado se observó un correlación fuerte positiva.

Diversidad de Shannon (H'): A partir de este índice de heterogeneidad, se obtuvieron valores clasificados como **ALTOS** y **MUY ALTOS** en una superficie significativa de la cuenca - 23.7 km² - (Figura 9.16). Los parajes complejos más representativos para este indicador fueron los siguientes:

- I.2 Complejos de cornisas, laderas barrancos con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre Luvisoles y Acrisoles: Con un total de nueve parajes simples.
- II.2 Complejo de laderas y barrancos con cultivos agrícolas y actividad pecuaria sobre Luvisol y Acrisol: Agrupó a cinco parajes simples.
- IV.1 Complejos de superficies y cauces con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre sobre Luvisoles. Acrisoles y Cambisoles: Con un total de cuatro parajes simples.

61

En contraste con los resultados anteriores, los parajes complejos que presentaron valores de diversidad catalogados como **MUY BAJOS** y **BAJOS** fueron las áreas con menor extensión en la cuenca (1.27 Km²), y corresponden a los siguientes:

- I.1 Complejos cumbrales con pastizal inducido y selva secundaria, sobre Leptosoles, Luvisoles y Acrisoles: Contó con tres parajes simples.
- II.1 Complejo cumbrales con selva secundaria, agricultura y pastizal inducido de temporal, sobre Luvisoles y Acrisoles: Con un único paraje simple.
- III.1 Complejos de laderas y barrancos con pastizal inducido sobre Vertisoles y Cambisoles: Con un total de dos parajes simples.

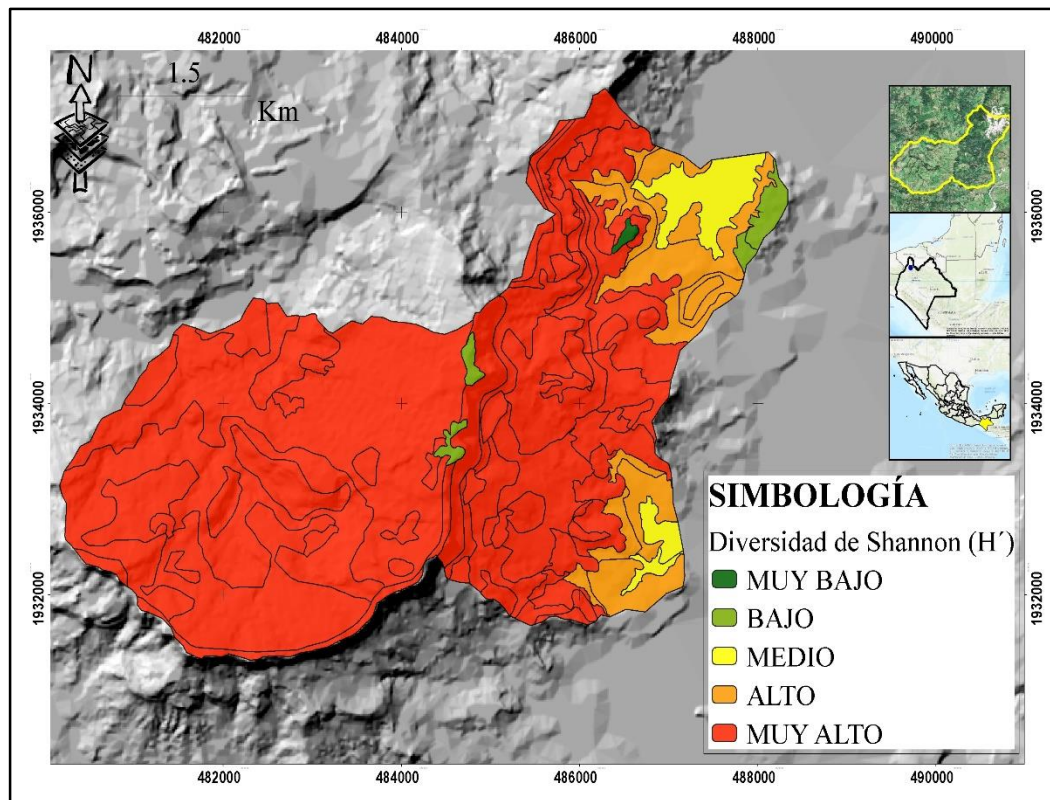


Figura 9.16 Distribución del indicador H' dentro de la cuenca (Fuente: Elaboración propia).

Referente a la distribución de la diversidad de Shannon mostrada en el cartograma 9.14, se observó que esta es coherente con los resultados obtenidos en el análisis de regresión lineal, el cual arrojó un valor de $R^2 = 0.923$.

Dominancia de Turner (D1): Los valores del Índice de Dominancia de Turner obtenidos para la zona de estudio (Figura 9.17) se clasifican principalmente como **MUY ALTOS** y **ALTOS**, al abarcar la totalidad de la superficie en las localidades I y II. Esto indica que el paisaje está dominado por un número reducido de unidades, lo que se traduce en una baja heterogeneidad.

En contraste, las localidades III a V presentan valores que varían de **MEDIOS** a **MUY BAJOS**, lo que sugiere una distribución más equitativa de las diferentes unidades del paisaje conformados tectónico-acumulativos, así como planicies tectónico-acumulativas fuerte a ligeramente disecionadas.

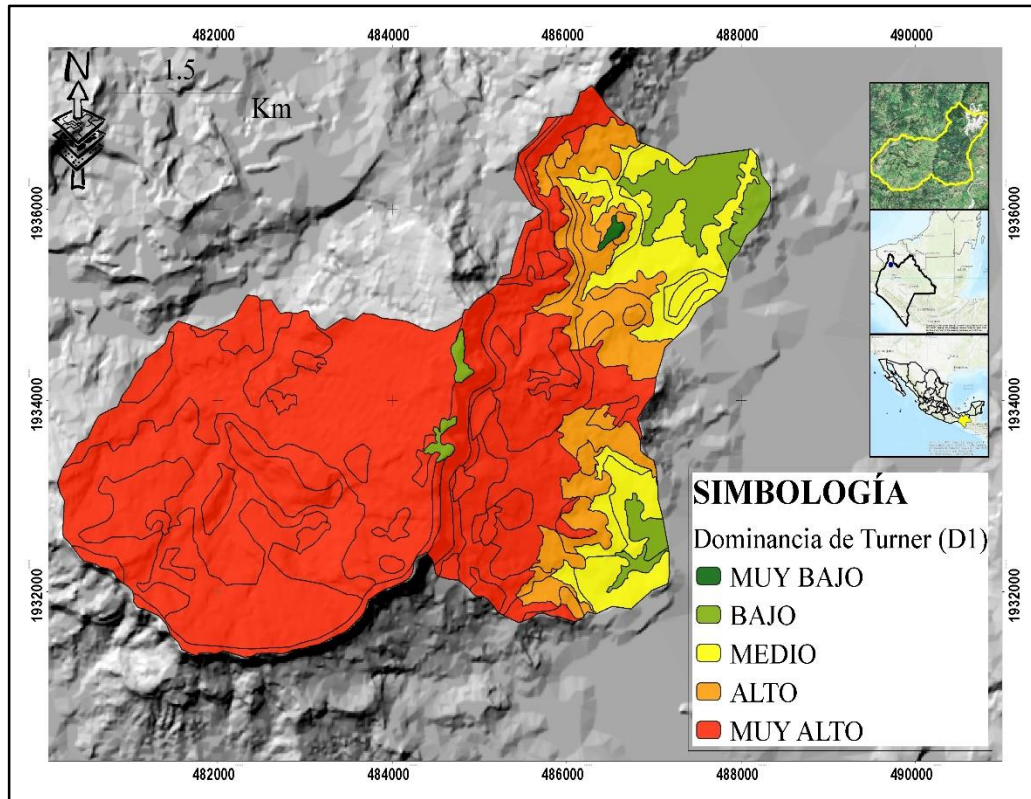


Figura 9.17 Distribución del indicador D1 dentro de la cuenca (Fuente: Elaboración propia).

El análisis por paraje complejo (Tabla 9.2) muestra que todas las unidades en este nivel taxonómico presentan valores inferiores a 0.6 en el índice de heterogeneidad, lo que indica una distribución de heterogeneidad de baja a media. Los parajes complejos con una distribución más homogénea dentro de la cuenca corresponden a los CTN I.1, III.1 y V.1, asociados a complejos de laderas y barrancos. En contraste, los parajes complejos I.2 y II.2 exhiben los valores más bajos, lo que refleja una mayor dominancia de algunas unidades.

El ajuste de los datos en el modelo de regresión lineal mostró un $R^2 = 0.836$, lo que indica un buen nivel de ajuste al explicar el 83.6% de la variabilidad. Aunque el cartograma reflejó valores altos, un análisis más detallado reveló una heterogeneidad que varía de baja a media, lo que sugiere una congruencia entre el índice de heterogeneidad y los resultados del análisis de regresión lineal.

Abundancia de Hills (E'): El análisis de este índice reveló que, en la cuenca, los parajes complejos I.2, II.2 y IV.1 presentan predominantemente valores catalogados como **MUY BAJOS** a **BAJOS**, lo que indica que la abundancia se distribuye de manera uniforme en estas áreas. En contraste, los parajes I.1, II.1 y III.1 exhiben valores **ALTOS** y **MUY ALTOS**, lo que sugiere que en estas zonas pocas unidades dominan la composición del territorio (Figura 9.18).

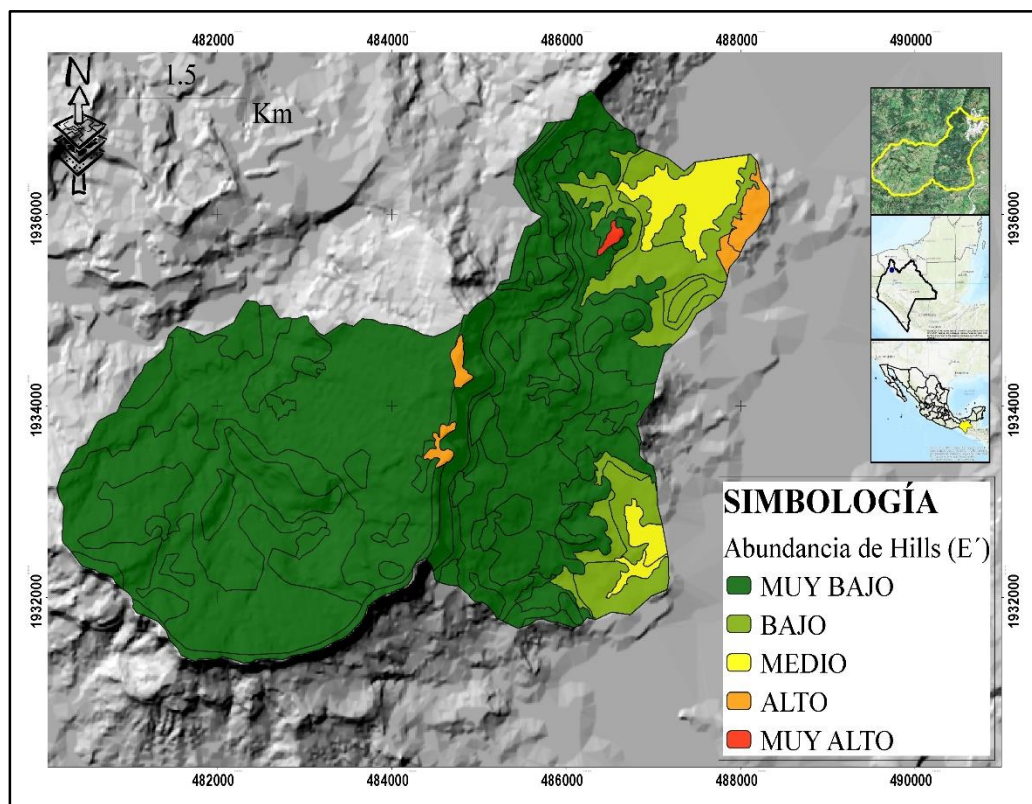


Figura 9.18 Distribución del indicador E' dentro de la cuenca (Fuente: Elaboración propia).

Al analizar el comportamiento de los datos mediante el modelo de regresión lineal, se obtuvo un valor de $R^2=0.840$, lo que demuestra un buen ajuste y alta capacidad explicativa del modelo, a diferencia de los tres índices analizados anteriormente, la pendiente de la recta y la correlación resultante fueron negativas.

Con la finalidad de identificar los niveles de mayor cercanía en los índices se elaboró una matriz de correlación. La selección de los indicadores de mayor importancia se basó en su proximidad a la unidad, donde existe una mayor fuerza en la relación entre estos (Tabla 9.4). Es importante señalar que no se consideró relevante la relación de cualquier índice con la Diversidad de McIntosh, debido a que este no exhibió una distribución normal de sus datos en la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 9.2).

Tabla 9.4 Matriz para la correlación entre indicadores de heterogeneidad del paisaje
(Fuente: Elaboración propia).

Value	CC	R	CT	U	H'	HMax	D	D1	E	E'
CC	0.000	0.157	0.168	0.262	0.124	0.053	0.047	0.161	0.166	0.109
R	-0.597	0.000	0.001	0.000	0.010	0.001	0.001	0.000	0.102	0.010
CT	-0.585	0.948	0.000	0.004	0.000	0.001	0.003	0.002	0.050	0.000
U	-0.492	0.988	0.916	0.000	0.025	0.006	0.005	0.000	0.182	0.027
H'	-0.637	0.875	0.972	0.815	0.000	0.002	0.004	0.014	0.025	0.000
HMax	-0.748	0.951	0.944	0.900	0.940	0.000	0.000	0.001	0.042	0.001
D	-0.760	0.953	0.925	0.904	0.914	0.998	0.000	0.001	0.051	0.004
D1	-0.592	0.998	0.938	0.990	0.857	0.942	0.946	0.000	0.109	0.014
E	-0.587	0.666	0.755	0.569	0.815	0.772	0.752	0.657	0.000	0.027
E'	0.656	-0.873	-0.969	-0.811	-1.000	-0.943	-0.918	-0.854	-0.811	0.000
S	-0.479	0.917	0.978	0.907	0.924	0.876	0.854	0.915	0.691	-0.917

CC= Complejidad Corológica. R= Riqueza de paisajes. CT=Complejidad tipológica. U=Diversidad de McIntosh. H=Diversidad de Shannon-Weaner. Hmax=Diversidad máxima. D= Dominancia de McIntosh. D1= Dominancia de Turner. E= Abundancia de Pielou. E'=Abundancia de Hill.

Derivado este resultado, se observó que los indicadores seleccionados para su representación espacial exhiben una mayor cercanía (riqueza con dominancia de Turner, así como abundancia de Hill con diversidad de Shannon). No obstante; se identificó una fuerte relación entre la dominancia de McIntosh (D) y la diversidad máxima (Hmax).

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El análisis de la heterogeneidad del paisaje y su relación con la distribución de la biodiversidad medida a partir de la flora vascular reveló que los complejos de cornisas, laderas y barrancos de las localidades I y II concentra el mayor número de parajes simples, así como la mayor concentración de diversidad biológica, mientras que las localidades III (Lomeríos tectónico-acumulativos ligeramente diseccionados) y V (Planicies tectónica-acumulativas acolinadas ligeramente diseccionadas) presentaron la menor heterogeneidad paisajista y una menor biodiversidad.

De acuerdo con el análisis de la cuenca, la estructura vertical de los paisajes presenta características homogéneas en cuanto a su litología, clima, edafología y vegetación. Por lo tanto, la distribución de los índices de heterogeneidad del paisaje y de diversidad biológica se encuentra condicionadas principalmente por las pendientes (pulsaciones tectónicas) y las superficies ocupadas.

Lo anterior se observa en los parajes complejos I.2 y II.2 exhibieron grados de pendientes que varían desde muy fuertemente inclinados hasta ligeramente inclinados, mismos que son resultado de las pulsaciones tectónicas, por su parte los parajes III.1 y V.1 muestran una pendiente catalogada en rangos de mediana a ligeramente inclinadas.

En concordancia con los hallazgos previos, se reconoce que la pendiente constituye el principal factor que determina tanto la configuración de la heterogeneidad del paisaje como la distribución de la diversidad biológica. Si bien la cuenca presenta un alto grado de intervención humana, las actividades que generan mayor cambio de uso de suelo se concentran en las superficies con menor inclinación, particularmente en los complejos de superficies y cauces, donde se localiza la zona urbana de la cabecera municipal y, en menor medida, algunas viviendas asentadas en complejos de cornisas.

Por su parte, una mayor variabilidad en la pendiente influye positivamente en la riqueza biológica, al propiciar una mayor heterogeneidad de microhábitat derivada de variaciones en la acumulación de materia orgánica, humedad y temperatura. Esta relación ha sido documentada por Valdés-Carrera *et al.* (2018) y Morales-Iglesias *et al.* (2022). Los primeros destacan que las laderas y barrancos presentan una mayor heterogeneidad y dinámica funcional dentro de una cuenca hidrológica, mientras que los segundos identifican una correlación positiva significativa entre la tectónica de empuje —mediante el factor altitudinal— y la biodiversidad.

En cuanto al análisis de correlación, como se señaló en los resultados, se obtuvieron siete indicadores estadísticamente significativos. De acuerdo con Forman (1985), dos o tres indicadores pueden ser suficientes para responder una interrogante sobre heterogeneidad. Por lo tanto, se puede afirmar que el proyecto de investigación cuenta con una base estadística sólida.

Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos con los estudios de Priego-Santander *et al.* (2003) y Priego-Santander *et al.* (2013), se encontraron similitudes. En el primer caso, se reportaron seis indicadores, mientras que en el segundo, un total de tres, en ambos estudios, la mayoría de los índices relacionados presentaron valores positivos, con excepción de la abundancia de Hill (H'), lo que coincide con los hallazgos en la zona de estudio.

Lo anterior permite corroborar el planteamiento inicial del presente trabajo, en el cual se busca encontrar la relación que existe entre la heterogeneidad del paisaje y la distribución de la biodiversidad. Sin embargo, para ampliar la forma de interpretación de los resultados obtenidos y estudios de referencia, pero sin una tendencia hacia un análisis repetitivo, se discutirán los cuatro indicadores de mayor relevancia que fueron seleccionados a partir del modelo de regresión lineal.

El primer índice considerado corresponde a la riqueza de paisajes (R). Al analizar el valor obtenido mediante la correlación de Pearson ($R^2 = 0.916$), se observa un comportamiento positivo que nos indica que a mayor riqueza de paisajes dentro de un paraje complejo, el atributo de diversidad biológica aumenta en la misma proporción. Este resultado es claramente concordante con el cartograma 9.15.

Por su parte, el comportamiento de la distribución de la diversidad de Shannon en el cartograma 9.16 es coherente con los resultados obtenidos en el análisis de correlación, el cual arrojó un valor de $R^2 = 0.923$. Este resultado indica que, a medida que aumenta la riqueza de paisajes, la diversidad biológica representada por la presencia de plantas vasculares, también se incrementa.

Con respecto al índice de dominancia de Turner (D1), el ajuste en el modelo de regresión lineal ($R^2 = 0.836$) y su representación en los cartogramas mostraron valores altos y muy altos, aunque con una tendencia positiva; Si bien, los valores elevados de dominancia suelen asociarse a una baja diversidad, en el caso de la cuenca la mayor dominancia se concentra en los parajes I.2 y II.2, los cuales exhiben el mayor número de especies de flora (Tabla 9.2), y explica claramente el comportamiento positivo observado.

Finalmente, al analizar el índice de Hill, se obtuvo un $R^2 = 0.840$, lo que explica el 84% de la variabilidad. No obstante, a diferencia de los índices previamente evaluados, tanto el coeficiente de Pearson como la pendiente de la recta resultaron negativos, lo cual indica que existen unidades de paisaje que predominan en la cuenca, sin embargo al analizar la distribución de los parajes complejos se observa que aquellos que exhiben valores altos presentan un área y número de paisajes reducidos en su interior. Este resultado es consistente con lo mostrado en el cartograma 9.18.

A partir de los índices seleccionados para el proyecto, se puede señalar que, las localidades I y II, junto con los parajes I.2 y II.2, presentan una mayor heterogeneidad de paisajes, esto se

correlaciona positivamente con una mayor riqueza de especies vegetales. En contraste, las localidades III y V, así como los parajes III.1 y V.1, muestran una menor diversidad de paisajes y, en consecuencia, una menor cantidad de especies vegetales. Esta relación se encuentra respaldada por los estadísticos, que explican más del 80% de la variación contemplada.

El comportamiento observado entre la diversidad de paisajes y la riqueza de especies vegetales dentro de la cuenca ha sido documentado en otros estudios; por ejemplo, Priego-Santander *et al.* (2003) demostraron que la heterogeneidad del paisaje es un factor explicativo altamente significativo; sus modelos estadísticos, basados en el estudio de cuencas costeras del estado de Veracruz, explicaron más del 75% de esta relación. De manera similar, Priego-Santander *et al.* (2004) encontraron que, en el Archipiélago de Camagüey, Cuba, la riqueza y diversidad del paisaje son variables explicativas de la riqueza de flora vascular, con modelos estadísticos que explican más del 82% de la relación.

Desde una perspectiva ecológica, las correlaciones y regresiones lineales positivas entre los índices de riqueza y diversidad de Shannon sugieren que una mayor heterogeneidad del paisaje en los parajes simples favorece la abundancia de microhábitat, que a su vez funcionan como nichos para el desarrollo de la flora vascular registrada. No obstante, la distribución de esta diversidad no solo está determinada por el principio estructuro-genético, sino también por el principio histórico-evolutivo, donde la influencia antropogénica ha desempeñado un papel significativo.

El componente social está estrechamente vinculado al uso del territorio por parte de las comunidades locales, debido a que la agricultura constituye una de las principales actividades económicas de la región. Dentro de la cuenca delimitada, los cacaotales se clasifican como Agrosistemas Forestales (SAF) de tipo tradicional, caracterizados por un manejo con herramientas sencillas y conocimiento que se transmite de generación en generación. En este

sentido, las prácticas de corte y procesamiento del grano no generan modificaciones significativas en la estructura forestal.

La sinergia en entre la configuración espacial del paisaje y su forma de apropiación por parte de las comunidades locales se puede apreciar en los cartogramas 9.15 y 9.16, que exhiben que las áreas con menor grado de intervención humana coinciden con los espacios que son ocupados por los SAF y VSA/SAP. En contraste, las zonas con baja heterogeneidad, aunque idóneas para asentamientos humanos, evidencian un paisaje alterado, que a su vez, permite respaldar la idea que la presión humana homogeniza la estructura y reduce la diversidad biológica. Este patrón es respaldado por los hallazgos de Valdés-Carrera y Hernández-Guerreo (2018).

Con respecto al comportamiento de los índices de dominancia de Turner y abundancia de Hills (cartogramas 9.17 y 9.18), para el primer caso se observó que las localidades I y II existe una predominancia alta de determinados paisajes. Esto no implica, en sentido estricto, una baja heterogeneidad, sino que en estas unidades se evidencia una mayor riqueza de parajes—tanto complejos como simples—acompañada de una elevada repetitividad. Por el contrario, en las localidades III y V se registran valores altos en el índice de abundancia, pero esta interpretación se deriva de una menor riqueza, ya que se identifican únicamente dos parajes simples y un polígono para cada uno.

En contraste, la abundancia de Hills proporciona una medida más precisa de la diversidad efectiva, debido a que no solamente se limita a considerar la cantidad de paisajes, sino que determina la forma de distribución de los mismos (equidad). Mientras que la dominancia de Turner únicamente resalta la presencia de clases altamente repetitivas, la abundancia de Hills permite identificar áreas donde, a pesar de cierta dominancia, aún se conserva una diversidad significativa. Al interior de la cuenca, esto permite explicar porque pese al existir una tendencia a dominancia en las localidades I y II, estas exhibieron una alta riqueza biológica y por ende el comportamiento de la regresión lineal negativa observada.

11. CONCLUSIÓN.

La visión integradora de la Geografía del Paisaje permite estudiar este campo mediante la delimitación de los paisajes físico-geográficos (PFG), mismos que se definen como unidades espacio-temporales de la superficie terrestre, resultantes de la interacción estructurada y compleja entre elementos físicos, naturales y humanos, en las que se desarrollan flujos de energía y materia.

Por su parte, los PFG son la base de partida para la Geoecología del paisaje, la cual no se centra específicamente en flujos de energía y materia, sino que a partir de una visión más holística busca entender las propias interacciones de los seres vivos con su medio físico, donde el ser humano se caracteriza por su capacidad de influir en las mismas como resultado de la apropiación del territorio.

Es por ello que el presente trabajo de investigación partió de una perspectiva de la Geografía del Paisaje y se complementó con la Geoecología, dado que las cuencas Ribera El Cerro, 1^a y 2^a sección, en el municipio de Pichucalco, se caracterizan por altos niveles de influencia antropogénica, donde la cobertura original se ha reducido a remanentes puntuales de vegetación secundaria.

A partir de la elaboración del mapa de paisajes de la cuenca y del análisis del comportamiento de la heterogeneidad en cada paraje complejo (diversidad gamma), correlacionado con la riqueza de plantas vasculares presentes (diversidad beta), fue posible responder de manera positiva a la primera pregunta de investigación y se valida satisfactoriamente la hipótesis planteada. De los diez indicadores seleccionados, siete resultaron estadísticamente significativos. Valores que son concordantes con los antecedentes de referencia.

Con respecto a un estudio más profundo de los resultados, se pudo determinar que la diversidad de Shannon evidenció que una mayor heterogeneidad espacial se asocia con

un aumento en la diversidad biológica. Mientras que, los índices de dominancia de Turner y de abundancia de Hill permitieron analizar la distribución del paisaje y su relación con la estructura del ecosistema.

El índice de Turner reflejó la repetición de clases paisajísticas, Hill por su parte brindó una visión más precisa al mostrar que, aunque las laderas presentan cierta dominancia, mantienen una diversidad biológica significativa. Derivado de esto, se puede señalar la importancia del uso de dos o más indicadores por componente (Riqueza y abundancia), ya que nos permite ofrecer una visión más completa de la realidad espacial del área de estudio.

En relación con la segunda interrogante de investigación, se puede señalar que los paisajes más idóneos para los SAF cacaotales corresponden a los complejos de laderas y barrancos de montañas y lomeríos, debido a que en estos se presenta una mayor complejidad del relieve, producto de los cambios de pendiente que, a su vez, reconfiguran la vegetación asociada.

Asimismo, la pendiente actúa como un factor que limita el uso del suelo para actividades de asentamientos humanos y ganadería. Los asentamientos se ubican en superficies planas, con pendientes que oscilan entre menos de 3° y 10°, mientras que la ganadería se desarrolla en zonas de laderas de lomeríos y montañas, con inclinaciones que no superan los 20°. Por su parte, las áreas con mayor inclinación conservan remanentes de vegetación de selva y cultivos de cacao

Los resultados obtenidos no solo respaldan la hipótesis inicial, sino que también destacan la importancia de los agrosistemas cacaotales como paisajes de alto valor natural en cuencas con elevada intervención humana, como ocurre en la zona norte del estado de Chiapas, donde se registran niveles bajos y muy bajos de biodiversidad (Morales-Iglesias

et al., 2022). No obstante, es fundamental considerar ciertas limitaciones, como la superficie restringida del área de estudio y la variabilidad estacional de la flora.

Si bien el estudio cumplió con los objetivos planteados y mantiene coherencia con investigaciones previas, presentó algunas limitaciones relacionadas con la disponibilidad de recursos humanos, la ausencia de otros tipos de agrosistemas —como cafetales, milpas con frutales o plantaciones forestales— y las dificultades de acceso a ciertos puntos dentro de la cuenca, derivadas de factores físicos y sociales.

No obstante, estas restricciones previamente señaladas representan áreas de oportunidad para dar continuidad a la investigación en las cuencas Ribera de Cerro 1^a y 2^a Sección, así como para ampliar el enfoque hacia líneas complementarias de investigación, tales como la gestión integral de riesgos y la conservación de la biodiversidad zonas degradadas.

A pesar de estas limitaciones, se resalta la relevancia del trabajo, ya que, aunque otros autores han analizado la relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza biológica, sus estudios se han centrado en ecosistemas naturales y no en sistemas tradicionales manejados por el ser humano a partir de conocimientos heredados por generaciones, tal como son los cacaotales.

Es importante destacar que, si bien el SAF ha sido objeto de estudio, en México y Latinoamérica predomina el enfoque de la ecología del paisaje, que interpreta el paisaje principalmente a partir de la vegetación. En contraste, la Geografía del paisaje adopta una visión policéntrica del espacio, lo que permite identificar zonas de alto valor patrimonial natural, así como áreas que, pese a haber perdido biodiversidad, conservan una estructura vertical que las hace idóneas para la restauración. Esta perspectiva ofrece un sustento más sólido para la formulación de políticas de manejo territorial.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Finalmente, esta investigación abre la puerta a futuros estudios desde la perspectiva de la Geografía del paisaje, permitiendo ampliar el análisis a cuencas de mayor extensión o a otros sistemas agroforestales, como los cafetales. La integración de estos hallazgos en estrategias de conservación y manejo sostenible resulta clave para mitigar los efectos de la antropización de la cobertura vegetal y asegurar la permanencia de estos paisajes como reservorios naturales en la región

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alahuhta, J., Ala-Hulkko, T., Tukiainen, H., Purola, L., Akujärvi, A., Lampinen, R., Hjort, R. (2018). The role of geodiversity in providing ecosystem services at broad scales. *Ecological Indicators*. 91, 47-56.

Alfonso Martínez, A.A., Carrillo Vitale, E.R., Monzón Aldama, Y.M., Priego-Santander, A.G., Boudet Rouco, D. (2024). La relación entre la heterogeneidad del paisaje y los servicios ecosistémicos en Santa María Huatulco, Oaxaca, México. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*. 58 (2), 1-29. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.58-2.5>

Arroyo-Rodríguez, V., Moreno, C., Galán-Acedo, C. (2017). La ecología del paisaje en México: logros, desafíos y oportunidades en las ciencias biológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88, 42-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.004> 1870-3453/© 2017 Universidad Nacional Autónoma de M

Arellano, L y Halffter, G. (2003). Gamma diversity: derived from and a determinant of Alpha diversity and Beta diversity. an analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoológica Mexicana*. 90, 27-76.

Avendaño-Arrazate, C.H., Suárez-Venero, G.M., Mendoza-López, A., Martínez-Bolaños, M., Reyes-Reyes, J., Espinosa-Zaragoza, S. (2021). Composición arbórea de especies asociadas al cacao: selva Lacandona y sistemas agroforestales, Chiapas, México. *Agronomía mesoamericana*. 32 (2), 365-380.
DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.41630>.

Baselga, A y Gómez-Rodríguez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*. 26, 39-65.



Bautista, F., Gallegos, A., García, N. (2023). *Manual de muestreo y descripción de perfiles en campo con objetivos múltiples*. CIGA-UNAM.

Bocco, G., Mendoza, M., Priego-Santander, A.G., Burgos, A. (2010). *La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial*. SEMARNAT-INE-UNAM.

Bollo-Manent, M., Hernández-Santana, J.R. (2008). Paisajes físico-geográficos del noroeste del estado de Chiapas, México. *Investigaciones geográficas*. 66, 7-24.

Bollo-Manent, M., Hernández-Santana J.R., Priego-Santander, A., Zaragoza Álvarez R.A. (2015). *Propuesta de regionalización Física-Geográfica de México*.
https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/PropuestadelaRFGdeMexico.pdf

Bollo-Manent, M. (2018). *La Geografía del Paisaje y la Geoecología: Teoría y enfoques*. En: *Paisaje: métodos de análisis y reflexiones*. Ediciones del Lirio - Editorial UAM.

Bollo-Manent, M., Martínez Serrano, A. (2023). *El paisaje. Una mirada a través del análisis espacial*. UNAM.

Caballero-Miranda, C. (2005). *Identificación y clasificación de los tipos de rocas clásticas*.
<https://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/34a-Rsclasticas.pdf>

Castillo-Poveda, M. (2016). Conceptualización histórica del concepto paisaje, sus implicaciones filosóficas y científicas. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*. 55(143), 11-24.



Castro-Martínez, C.J., Ríos-Castillo, M., Castillo-Leal, M., Jiménez-Castañeda, J.C., Cotera-Rivera, J. (2015). Sustentabilidad de agroecosistemas en regiones tropicales de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18, 113-120.

CEPAL. (2020). *Acerca de la biodiversidad*.

<https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/acerca>

Chiappy Jhones, C., Gama, L., Giddings, L., Rico-Gray, V., Velázquez, A. (2000). Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la Península de Yucatán. *Investigaciones geográficas*. 42 (1), 28-39.

CONABIO. (2013). *La biodiversidad en Chiapas. Estudio de estado Volumen I*. CONABIO. ISBN Vol I: 978-607-7607-99-1

77

CONABIO. (2022). *¿Qué es la biodiversidad?*

https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es

CONABIO. (2023). *México megadiverso*.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>

CONAFOR. (2010). Inventario Nacional Forestal y de Suelos: Manual y procedimiento de campo para el muestreo de campo. SEMARNAT-CONAFOR.

CONGUA. (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Los Ríos (2707), Estado de Tabasco*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103376/DR_2707.pdf

CONANP. (2026). *Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México*.

https://sig.conanp.gob.mx/container/mapas/files/mapa_anps_.pdf



Cornell, S. (2011). The Rise and Rise of Ecosystem Services: Is “value” the best bridging concept between society and the natural world?. *Elsevier*. 6(1). 88-95. doi:10.1016/j.proenv.2011.05.009

Cruz-Landero, V., Córdoba-Ávalos, V., García-López, E., Bucio-Galindo, A., Jaramillo-Villanueva, J.L. (2015). Manejo agronómico y caracterización socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. *Foresta veracruzana*. 17(1), 33-40.

Delgado, L.A. (2018). Heterogeneidad del paisaje y diversidad de especies arbóreas en un bosque tropical. Desarrollo y validación de una propuesta metodológica. *Ecosistemas*. 27 (1), 105-115.

De Souza, P.A., Moreira, L.F., Sarmiento, D., De Costa, F. (2018). *Cacao (Theobroma cacao)*. En: Rodríguez, S., De Oliveira, E., Sousa, E. *Exotic fruits*. (Pp. 69-76). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00010-1>.

78

Díaz-José, O., Porras Umaña, V.H., Aguilar Avila, J. (2013). *El cacao (Theobroma cacao L.): Avances y retos en la gestión de la investigación*. Universidad Autónoma de Chapingo. ISBN: 978-607-12-0327-4

ESA. (2024). *Navegador copernicus: imágenes satelitales del municipio de Pichucalco*. <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

Estrada-Porcayo, W., Ramírez Sánchez, L.G., Chávez Alvarado, R. (2023). Clasificación de los paisajes físicos geográficos de la Unidad de Gestión Ambiental 33, Quintana Roo, México. Escala 1:50,000. *Estudios Geográficos*. 84 (294). E130. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2023.i294>



Flores-Domínguez, A.D., Priego-Santander, A.G. (2011). Zonificación Funcional Ecoturística de la Zona Costera de Michoacán, México a escala 1:250 000. *Revista geográfica de América Central*. 2, 1-15.

Flores –Hernández, L., Farrera-Sarmiento, O. (2013). Estudio etnobotánico de algunos cacaotales en Pichucalco, Chiapas. *Lacandonia*. 7 (7), 11-24.

Frolova, M. (2001). Los orígenes de la ciencia del paisaje en la Geografía rusa. *Revista electrónica de Geografía y ciencias sociales*. 102(1).1-11.

Frolova, M (2006). Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿Hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente? *Ería*, 70 (2006), págs. 225-235

Frolova, M. (2018). From the Russian/Soviet landscape concept to the geosystem approach to integrative environmental studies in an international context. *Landscape Ecol.* 34,1485–1502. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0751-8>

García, E. (1988). *Climas, escala 1:1000000*. En: CONABIO (2008). *Portal de información geoespacial*.

Gómez-Pompa, A. (1993). Las raíces de la etnobotánica mexicana. *Acta Panamensis*. 1, 87-100.

Gómez-Pompa, A., Dirso, R., Kaus, A., Noguerrón Chang, C.R. (1995). *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. SEMARNAP-INE-CONABIO.

Gómez-Pompa, A. (1998). La conservación de la biodiversidad en México: Mitos y realidades. *Boletín de la sociedad botánica de México*. 63, 33-41. <https://doi.org/10.17129/botsci.1565>



González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Ruíz-Montoya, L. (2005). *Diversidad Biológica en Chiapas*. Plaza y Valdés.

Guadarrama García, L., Balderas Platas, M.A., Gutiérrez Cedillo, J.G., Pérez Alcántara, B., Palmas Castrejon, Y.D. (2023). ¿Pueden los servicios ecosistémicos culturales ser la base para un modelo teórico de turismo alternativo? *ARA*. 13 (1), 106-131.

Gutiérrez, D. (2001). Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Yashte*. 15, 2-20.

Gutiérrez-Solís, E.O., Morales-Iglesias, H., Ramírez-Sánchez, L, G., Priego-Santander, A, G., Alatorre-Ibargüengoitia, M.A. (2024). Biophysical landscapes of the Río La Virgen watershed in the Ocosingo municipality, Chiapas, Mexico, *Journal of Maps*, 20:1, 2347895, DOI: 10.1080/17445647.2024.2347895

80

Henle, K., Lindemayer, D.B., Margules, C.R., Saunders, D.A., Wissel, C. (2004). Species survival in fragmented landscapes: Where are we now? *Biodiversity and conservation* 13, 1-8.

INEGI. (2007). *Carta edafológica E15-8: Villahermosa (Escala 1:250,000)*.
<https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

INEGI. (2015). *Cartas topográficas E15C29 y E15C39 (Escala 1:50,000)*.
<https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/>

Ibarra, A., Arriaga, E., Estrada, A. (2001). Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y ciencia*. 34 (17), 101-112.

IUCN. (2023). *La geología sustenta la biodiversidad*. <https://iucn.org/es/articulo/202307/la-geologia-sustenta-la-biodiversidad>



Jhonson, R y Kuby, P. (2008). *Estadística elemental: lo esencial. 10ª Edición.* CENGAGE Learning.

Jiménez-Lang, N. (2017). *Heterogeneidad del paisaje y la diversidad arbórea y de aves en ambientes humanizados de la Planicie Costera del Pacífico, Chiapas, México.* (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Jiménez-Ramírez, R. (2013). *Clasificación y caracterización de suelos de Tabasco con base en el enfoque Geomorfopedológico.* (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados (CP).

Kozlowski, S. (2004). Geodiversity. The concept & scope of geodiversity. *Polish Geological Review.* 52, 833-83

Kufer, J., Grube, N., Heinrich, M. (2006). Cacao in Eastern Guatemala a sacred tree with ecological significance. *Environ Dev Sustain.* 8, 597-608.

Lanza, G. (1999). *Educación ambiental para el trópico de Cochaamba.* UNDCP - VIMDESALT – FAO. <https://www.fao.org/3/ah647s/AH647S00.htm>

León-Cortés, J.L. (2024). *Se ha perdido el 43% de los bosques en Chiapas.*
<https://www.ecosur.mx/se-ha-perdido-el-43-de-bosques-en-chiapas/>

LGEEPA. (2024). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.*
<https://www.diputados.gob.mx/leyesbiblio/pdf/lgeepa.pdf>

Lugo-Hubp, J. (2011). *Diccionario geomorfológico.* Instituto de Geografía-UNAM.

Martínez, M. (2004). *La representación del cacao en los códices mesoamericanos del siglo XVI: El caso nahua del centro de México.* (Tesis de licenciatura). Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH).



Martins Brito, R., Salinas Chávez, E., Mirandola García, P.H. (2022). La Geoecología de los paisajes como fundamento para la selección, planificación y gestión de Áreas Protegidas: Aspectos teórico-metodológicos *Revista de Geografía Norte Grande*, 83: 305-229

Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J.E., Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México. ¿Una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85, 1-9. DOI: 10.7550/rmb.43248

Mateo Rodríguez, J.M. (2002). *Geografía de los paisajes. Editorial universitaria*. ISBN 978-959-16-0730-0

Mateo Rodríguez, J.M., Da Silva, E.V., Cezar Leal, A. (2002). Paisaje y geosistema: Apuntes para una discusión teórica. *Revista GEONORTE*. 4(4), 239-251.

Mateo Rodríguez, J.M y Da Silva, E.V. (2007). La Geoecología del paisaje, como fundamento para el análisis ambiental. *Revista Electrónica do Prodema*. 1,77-98.

Mateo-Rodríguez, J. (2008). *Geografía de los paisajes, Primera parte: Paisajes Naturales*. Editorial universitaria.

Miklos, L., Kocicka, E., Spinerova, A., Diviakova, A. (2018). *Landscape as a Geosystem*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94024-3_2

Moguel, P., Toledo, V.M. (1999). Biodiversity Conservation in Traditional Coffe Systems of México. *Conservation Biology*. 13 (1), 11-21.

Morales-Iglesias, H. (2006). *Evaluación de la heterogeneidad de los paisajes y su relación con la distribución de la biodiversidad en la cuenca Lerma-Chapala, México*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de México (UNAM).



Morales-Iglesias, H., Priego-Santander, A.G., Bollo-Manent, M. (2016). *Mapa de paisajes físico-geográficos del estado de Chiapas*. <https://doi.org/10.22201/ciga.001b.2016>

Morales-Iglesias, H., Priego-Santander, A.G., Bollo-Manent, M. (2017). Los paisajes físico-geográficos del estado de Chiapas, México a escala 1:250 000. *Terra Digitalis*. 1 (1). 1-7

Morales-Iglesias, H., Priego-Santander, A.G., Bollo-Manent, M., José Ríos, M. (2019). Antropización de la cobertura vegetal de los paisajes en el estado de Chiapas. *Papeles de Geografía*. 65, 139-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/geografia.396571>

Morales-Iglesias, H., Priego-Santander, A.G. (2020). La diversidad paisajística en el estado de Chiapas. *Cuadernos geográficos*. 59 (1), 316-336.

83

Morales-Iglesias, H., Priego-Santander, A.G., Díaz-Nigenda, E., Alatorre-Ibargüengoitia, M.A. (2022). Landscapes with the Greatest Natural Heritage in Chiapas, México. *Geography and Natural Resources*. 43 (4), 147-155. DOI: 10.1134/S1875372822040096

Morlans, M.C. (2007). *Estructura del paisaje, funciones, fragmentación del hábitat y su efecto de borde*. Editorial científica universitaria. ISSN: 1852-3013

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA

Moreno, C. (2007). *Diversidad de especies a escala de paisaje: un ejemplo con ensamblajes de murciélagos neotropicales* en: Sánchez-Rojas G y Rojas-Martínez, A (Ed). Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos. (Pp. 81-94). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Moreno-Calles, A.I., Toledo, V.M., Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*.91(4), 375-398.

Moreno, N. (1984). *Glosario botánico ilustrado*. Editorial continental.

Morrone, J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad de nuevo mundo. *Revista mexicana de biodiversidad*. (90), e902980. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>.

Muñoz, D., Estrada, A., Naranjo, E. (2005). Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México: aspectos de la ecología alimentaria. *Universidad y Ciencia*. 2 (1), 35-44.

NHM. (2024). Past 4.- *The past of the future; resources*. <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>

Núñez, I., González-Gaudiano, E., Barahona, A. (2003). La biodiversidad: Historia y contexto de un concepto. *Interciencia*. 28 (7), 387-393.

Orozco, L., Molinares, B., Soto., Deheuvels, O., Rojas, J., López, A., Vásquez, F. (2015). Diversidad de herpetofauna (anfibios y reptiles) en cacaotales y fragmentos de bosque en Waslala, Nicaragua. *Agroforesteria neotropical*. 5, 42-59.

Parks, K.E., Mulligan, M. (2010). On the relationship between a resource based measure of geodiversity and broad scale biodiversity patterns. *Biodivers Conserv*. 19 (1), 2751-2766. DOI 10.1007/s10531-010-9876-z

Parrish, J., Reitsma, R., Greenberg, R., Mclarney, W., Mack, R., Lynch, J., (1999). Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforesteria de las Américas*. 6(22), 16-22.

Plans y Sanz de Bremon, P. (1977). Historia del pensamiento geográfico: Alfred Hettner (1859-1941). *Didáctica Geográfica*. (1), 27-32. Recuperado a partir de



<https://didacticageografica.agegeografia.es/index.php/didacticageografica/article/view/4>

79

Pérez-Farrera, M.A., Martínez-Camilo, R., Martínez-Melendez, N., Martínez-Melendez, M. (2017). *Flora y vegetación de la Región Terrestre Prioritaria Tacaná-Boquerón, Chiapas, México*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Pérez-García, J.C. (2004). Manejo integral de microcuencas en la subcuenca de Guanajuato, Guanajuato en: H, Cottler (Ed). *El manejo integral de cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. SEMARNAT/INE.

Perfecto, I., Armbrecht, I., Philpott, S.M, Soto-Pinto, L., Dietsch, T. (2007). *Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America*. En: *Tscharntke, T., Leuschner, C., Zeller, M., Guhardja, E., Bidin, A.* (Ed). The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation. (Pp 227-263). Springer Verlag Berlin

Preobrazhenskiy, V.S. (1983) Geosystem as an Object of Landscape Study. *Source: GeoJournal*. 7(2), 131-134. <http://www.jstor.org/stable/41143024>

Priego-Santander, A.G., Morales-Iglesias, H., Enríquez, C. (2004). Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta ecológica SEMARNAT*. 71(1), 11-22.

Priego-Santander, A., Moreno Casasola, P., Palacio Prieto, J.L., López Portillo, J., Geissert Kientz, D. (2003). Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones geográficas*. 52, 31-52.

Priego-Santander, A., Palacio-Prieto, J. L., Moreno-Casasola, P., López-Portillo, J., Geissert Kientz, D. (2004). Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: Su relación en el Archipiélago de Camagüey, Cuba. *Interciencia.*, 29 (3), 138-144.

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., Garrido, A. (2010). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje.* SEMARNAT-INE-UNAM. <https://doi.org/10.22201/ciga.9789688179239p.2011>

Priego-Santander, A.G., Bocco Verdinelli, G., Palacio, J.L. (2012). Mapa de Paisajes físico-geográficos de México: Metadatos, Paisajes, Leyenda, Arbitraje y Mapa Guía. <https://doi.org/10.22201/ciga.9786070238376e.2012>

Priego-Santander, A.G., Campos, M., Bocco, G., Ramírez-Sánchez, L.G. (2023). Relationship between landscape heterogeneity and plant species richness on the Mexican Pacific coast. *Applied Geography.* 40, 171-178.

PROFEPA. (2022). *Día mundial de la diversidad biológica.* <https://www.gob.mx/profepa/articulos/dia-mundial-de-la-diversidad-biologica>

Ramírez-Meneses, A., García-López, E., Obrador-Olán, J.J., Ruíz-Rosado, O., Camacho-Chiu, W. (2013). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia.* 29 (3), 215-230.

Ramírez-Sánchez, L. G. (2013). *Evaluación de la heterogeneidad de los paisajes físico-geográficos de Michoacán.* Tesis de Doctorado. CIGA-UNAM-Morelia

Ramírez-Sánchez, L.G., Priego-Santander, A. G., Bollo-Manent, M., Castelo-Argüero, D.C. (2016). Potencial para la conservación de la Geodiversidad de los paisajes del Estado de Michoacán, México. *Perspectiva geográfica.* 21(2), 321-344. 10.19053/01233769.5856

Ramírez-Sánchez, L.G., Flores Domínguez, A.D., Priego-Santander, A.G. (2023).

Caracterización físico-geográfica de la cuenca de Queréndaro, Michoacán, México, a escala 1:50 000. En Bollo-Manent, M y Martínez-Serrano, A. *paisaje. Una mirada a través del análisis espacial*. (Pp. 53-86).

Richling, A. (1983). Subject of study in complex physical geography (landscape geography) in Landscape synthesis. *GeoJournal*. 7(1), 185-187.

Ruíz-Montoya, L y Castro-Ramírez, A. (2005) *Riqueza y distribución de insectos funcionales en parcelas de maíz en los Altos de Chiapas*. En Gonzales-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N y Ruíz-Montoya, L (Coord). *La diversidad biológica en Chiapas*. (Pp. 441-448). Plaza y Valdés.

Saénez-Leguizamón, G.L., Guevara-Hernández, F., Gonzáles-Cabañas, A.A., La O-Arias, M.A. (2023). Agroecosistemas tradicionales del trópico mexicano: Los “bajíos” de Chiapas y sus características en el contexto actual. *Revista de Ciencias Sociales*. 29(2), 108-122.

Salinas Chaves, E., Mateo-Rodríguez, J y Lucas Costa, C. (2019). Cartografía de los paisajes: Teoría y aplicación. *Physis Terra*. 1 (1), 7-29.
<https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/index>

Salgado-Mora, M.G., Núñez-Ibarra, G., Macías-Sámamo, J.E., López-Baéz, O. (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*. 32 (11), 763-768.

Salvador-Morales, P., Cámara-Cabrales, L. C., Martínez-Sánchez, J. L., Sánchez-Hernández, R., Valdés-Velarde, E. (2013). Diversidad, estructura y carbono de la vegetación arbórea en sistemas agroforestales de cacao. *Maderas y bosques*. 25 (1), e2511638. doi: 10.21829/myb.2019.2511638



Sánchez-Gutiérrez, F., Pérez-Flores, J., Obrador-Olán, J.J., Sol-Sánchez, A., Ruíz-Rosado, O. (2016). Estructura arbórea del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 14, 2695-2709.

Sandoval-Castro, C., Villanueva-Jiménez, J. (2009). Scope, sections, policies and language issues in TSA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10 (2), 1-2.

SEMARNAT. (2006). *El medio ambiente en México 2005: En resumen*. SNIARN-PNUD. ISBN 968-817-777-6

SEMARNAT. (2012). *El medio ambiente en México: Biodiversidad*.

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/04_biodiversidad/4_1.html

88

SEMARNAT. (2021). *Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida*.

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/servicios-ambientales-o-ecosistemas-esenciales-para-la-vida?idiom=es>

SGM. 2005. *Carta geológica minera E15-8: Villahermosa (Escala 1:250,000)*.

<https://www.sgm.gob.mx/CartasDisponibles/>

SGM. 2018. *Carta geológica minera E15-c39: Ixhuatán. (Escala 1:50,000)*.

<https://www.sgm.gob.mx/CartasDisponibles/>

SIAP. (2021). *La producción del cacao en México*.

https://comisiones.senado.gob.mx/relext_alyc/docs/cacao/8.pdf

SIEG. (2026). *Catalogo nacional de indicadores*.

<https://www.snieg.mx/CNI/escenario.aspx?idOrden=1.1&ind=6200031249&gen=1459&d=n>



Siegfried, P. (1997). *The Kalahari Ethnographies (1896–1898) of Siegfried Passarge: Nineteenth Century Khoisan- and Bantu-Speaking Peoples* (Trans. Edwin N. Wilmsen (†), Leander Gloversmith, Caroline Jeannerat). Rüdiger Köppe Verlag. (Trabajo original publicado en 1905).

Spiegel, M y Stephens, L. (2009). *Estadística 4ª edición*. McGraw Hills.

UNESCO. (2022). Biodiversidad.

<https://www.unesco.org/es/biodiversity>

Valdés-Carrera, A.C., Hernández-Guerreo, J.A. (2018). Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista geográfica de América Central*. 1(60), 188-214. DOI: <https://doi.org/dx.doi.org/10.15359/rgac.60-1.7>

89

Vargas Ulate, G. (2012). Espacio y territorio en el análisis geográfico. *Reflexiones*. 91 (1), 313-326.

Varnham, G., Bailey, J.J., Chase, J.M., Hjort, J., Field, R., Schrodt, F. (2023). Understanding trait diversity: the role of geodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*. 38 (8), 736-748

Werner, H., Szwagrzak, A. (2001). Geoecology and biodiversity: Problems and perspectives for the management of the natural resources of Bolivia's forest and savanna ecosystems. In: Barthlott, W., Winiger, M., Biedinger, N. (ed.) *Biodiversity*. Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-662-06071-1_19

Whitaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3), 213-251.

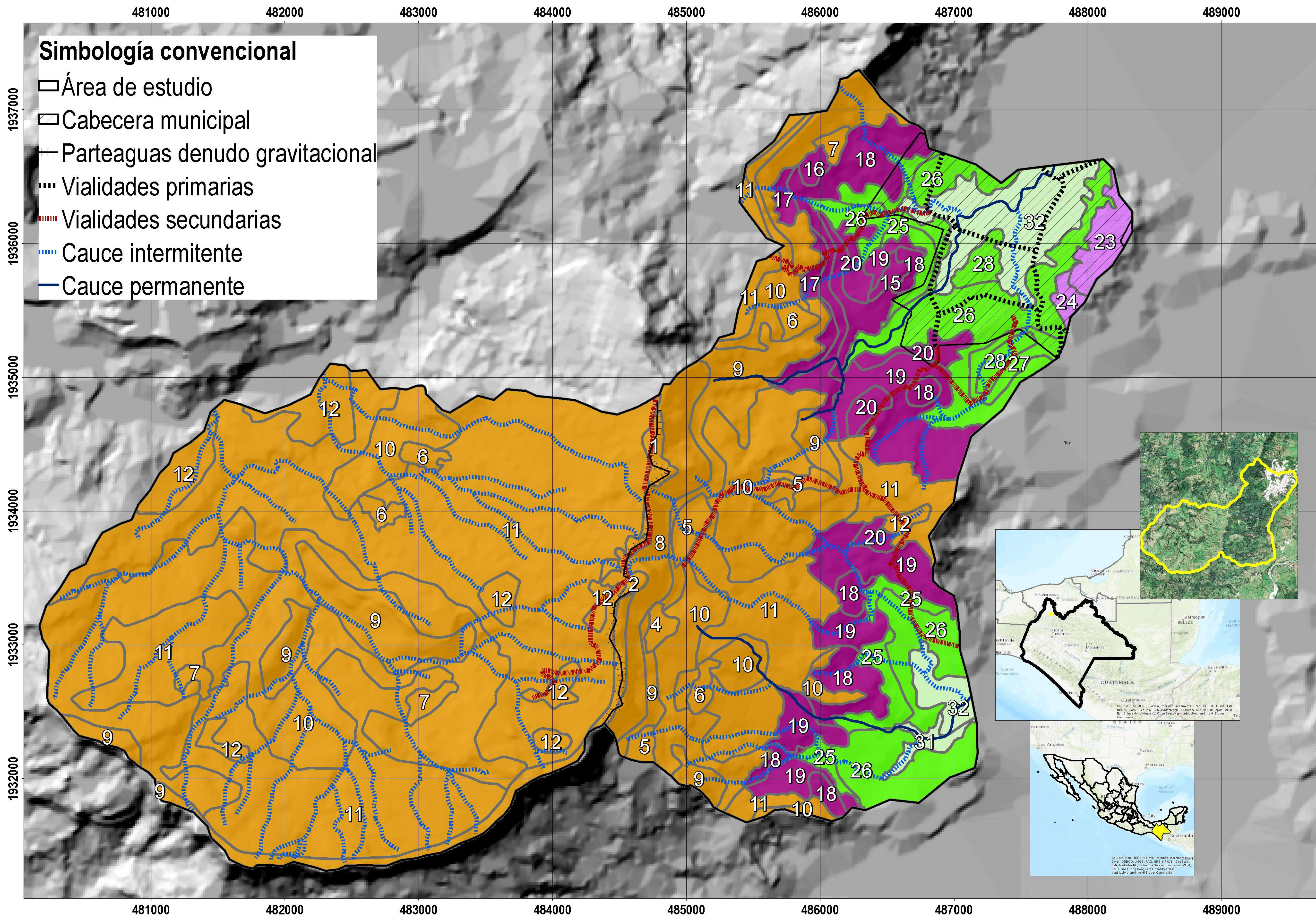
Yanes, M. (1994). *El cacao: origen, cultivo e industrialización en Tabasco*. UJAT.



13. ANEXOS

- Mapa de paisajes físico-geográficos de las cuencas Ribera El Cerro 1era y 2da sección, pertenecientes al municipio de Pichucalco, Chiapas. Escala 1:50,000.
- Leyenda del mapa.
- Listado de flora registrada.
- Catálogo visual de especies representativas.

Paisajes físico-geográficos de las microcuencas Ribera el Cerro 1era y 2da sección, Pichucalco, Chiapas a escala 1:50,000.



Paisajes Físico-Geográficos

	<p>I. Montañas tectónico-acumulativas medianamente diseccionadas (DV=251-500 m/km²), formadas por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo.</p> <p><i>I.1</i> Complejos cumbresales con pastizal inducido y Selva secundaria, sobre Leptosoles, Luvisoles y Acrisoles. 1, 2, 3.</p> <p><i>I.2</i> Complejos de laderas y barrancos con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre Luvisoles y Acrisoles. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.</p>
	<p>II. Lomeríos tectónico-acumulativos medianamente diseccionados (DV=61-80 m/km²) formados por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo.</p> <p><i>II.1</i> Complejo cumbreal con selva secundaria, agricultura y pastizal inducido de temporal, sobre Luvisoles y Acrisoles. 15.</p> <p><i>II.2</i> Complejos de laderas y barrancos con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre Luvisoles, Acrisoles y Cambisoles. 16, 17, 18, 19, 20.</p>
	<p>III. Lomeríos tectónico-acumulativos ligeramente diseccionados (DV=41-60 m/km²) formados por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo.</p> <p><i>III.1</i> Complejos de laderas y barrancos con pastizal inducido sobre Vertisoles y Cambisoles. 23, 24.</p>
	<p>IV. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas fuertemente diseccionadas (DV=31-40 m/km²) formadas por grava y arena, en clima cálido húmedo.</p> <p><i>IV.1</i> Complejos de superficies y cauces con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre Luvisoles, Acrisoles y Cambisoles. 25, 26, 27, 28.</p>
	<p>V. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas ligeramente diseccionadas (DV=16-20 m/km²) formadas por grava y arena, en clima cálido húmedo</p> <p><i>V.1</i> Complejos de superficies y cauces con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre Luvisoles, Acrisoles y Cambisoles. 31, 32.</p>

Sist. de coordenadas: WGS 1984 Zona 15N
 Proyección: Universal Transverse Mercator
 3 Km Datum: WGS 1984
 Elaborado por: Flores-Hernández 2024



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Anexo 13.2 Leyenda del mapa de PFG.

Paisajes Fisco-Geográficos de las cuencas Ribera El Cerro Primera y Segunda Sección, municipio de Pichucalco, Chiapas a escala 1:50,000.

A. Montañas, lomeríos y planicies en clima cálido.

I. Montañas tectónico-acumulativas medianamente diseccionadas ($DV=251-500$ m/km²), formadas por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo.

I.1 Complejos cumbrales con pastizal inducido y selva secundaria, sobre Leptosoles, Luvisoles y Acrisoles.

1.- Complejo de cimas y puertos muy fuertemente inclinados (30° a 45°) con pastizal inducido y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Leptosol lítico

2.- Complejo de cimas y puertos ligera a medianamente inclinados (5° a 10°) con pastizal inducido y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico, Acrisol crómico y Leptosol lítico.

3.- Parteaguas desnudo-gravitacional.

I.2 Complejos de cornisas, laderas barrancos con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre Luvisoles y Acrisoles.

4.- Cornisa muy fuertemente inclinada (30° a 45) con pastizal inducido, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico, Acrisol crómico y Leptosol lítico.

5.- Cornisas fuertemente inclinadas (20° a 30°) con pastizal inducido, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

6.- Cornisas mediana a fuertemente inclinadas (15° a 20°) con pastizal inducido y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

7.- Cornisas medianamente inclinadas (10° a 15°) con pastizal inducido, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

8.- Ladera muy fuertemente inclinada (30° a 45°) con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y pastizal inducido sobre Leptosol lítico, Luvisol húmico y Acrisol crómico.

9.- Laderas fuertemente inclinadas (20° a 30°) con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, agricultura de temporal y pastizal inducido sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

10.- Laderas mediana a fuertemente inclinadas (15° a 20°) con pastizal inducido, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico, Acrisol crómico.

11.- Laderas medianamente inclinadas (10° a 15°) con pastizal inducido, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

12.- Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° a 10°) con pastizal inducido, y agricultura de temporal sobre Vertisol éutrico y Cambisol éutrico.

13.- Cauces de corrientes permanentes.

14.- Cauces de corrientes intermitentes.

II. Lomeríos tectónico-acumulativos medianamente diseccionados ($DV=61-80$ m/km²) formados por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo.

II.1 Complejo cumbrales con selva secundaria, agricultura y pastizal inducido de temporal, sobre Luvisoles y Acrisoles.

15.- Cima mediana a fuertemente inclinada (15° a 20°) con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, agricultura de temporal y pastizal inducido sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

II.2 Complejos de laderas y barrancos con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre Luvisoles, Acrisoles y Cambisoles.

16.- Cornisa medianamente inclinada (10° a 15°) con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y agricultura de temporal sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

17.- Laderas fuertemente inclinadas (20° a 30°) con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y agricultura de temporal sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

18.- Laderas mediana a fuertemente inclinadas (15° a 20°) con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, agricultura de temporal y pastizal inducido sobre Luvisol húmico, Acrisol crómico y Cambisol éutrico.

19.- Laderas medianamente inclinadas (10° a 15°) con agricultura de temporal, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y pastizal inducido sobre Luvisol húmico, Acrisol crómico y Cambisol éutrico.

20.- Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° a 10°) con agricultura de temporal y pastizal inducido sobre Luvisol húmico, Acrisol crómico y Cambisol éutrico.

21.- Cauces de corrientes permanentes.

22.- Cauces de corrientes intermitentes.

III. Lomeríos tectónico-acumulativos ligeramente diseccionados ($DV=41-60$ m/km²) formados por arenisca-lutita, en clima cálido húmedo.

III.1 Complejos de laderas y barrancos con pastizal inducido sobre Vertisoles y Cambisoles.

23.- Ladera medianamente inclinada (10° a 15°) con pastizal inducido sobre Vertisol éutrico y Cambisol éutrico

24.- Ladera ligera a medianamente inclinada (5° a 10°) con pastizal inducido sobre Vertisol éutrico y Cambisol éutrico



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

IV. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas fuertemente diseccionadas (DV=31-40 m/km²) formadas por grava y arena, en clima cálido húmedo.

IV.1 Complejos de superficies y cauces con pastizal inducido, agricultura de temporal y selva secundaria, sobre sobre Luvisoles. Acrisoles y Cambisoles.

25.- Superficies medianamente inclinadas (10° a 15°) con agricultura de temporal, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y pastizal inducido sobre Luvisol húmico y Acrisol crómico.

26.- Superficies ligera a medianamente inclinadas (5° a 10°) con agricultura de temporal, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y pastizal inducido sobre Vertisol éutrico y Cambisol éutrico.

27.- Superficie ligeramente inclinada (3° a 5°) con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre Vertisol éutrico y Cambisol éutrico.

28.- Superficies planas muy ligeramente inclinadas (<3°) con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre Gleysol éutrico, Vertisol éutrico y Cambisol éutrico.

29.- Cauces de corrientes permanentes.

30.- Cauces de corrientes intermitentes.

V. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas ligeramente diseccionadas (DV=16-20 m/km²) formadas por grava y arena, en clima cálido húmedo

V.1 Complejos de superficies y cauces con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre sobre Luvisoles. Acrisoles y Cambisoles.

31.- Superficie ligeramente inclinada (3° a 5°) con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre Vertisol éutrico y Cambisol éutrico.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

32.- Superficies planas muy ligeramente inclinadas ($<3^\circ$) con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre Gleysol éutrico, Vertisol éutrico y Cambisol éutrico.

33.- Cauces de corrientes permanentes.

34.- Cauces de corrientes intermitentes.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Anexo 13.3 Listado de flora registrada.

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbóreo	Anacardiaceae	<i>Manguijera indica; L.</i>	Mango
	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin; L.</i>	Jobo
	Annonaceae	<i>Annona purpurea; Moc. & Sessé ex Dunal</i>	Chincuya
	Annonaceae	<i>Annona sp.</i>	Anona
	Apocynaceae	<i>Thevetia peruaviana; (Pers.) K.Schum.</i>	Chilca
	Arecaceae	<i>Astrocaryum mexicanum; Liebm. ex Mart</i>	Chichón
	Arecaceae	<i>Cocos nucifera; L.</i>	Coco
	Bignoniaceae	<i>Amphitecna apiculata; A.H.Gentry.</i>	Güiro
	Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata; Beauv.</i>	Tulipán africano
	Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea; (Bertol.) Bertero ex A.DC.</i>	Matilisguate
	Burseraceae	<i>Bursera simaruba; (L.) Sarg.</i>	Mulato
	Calophyllaceae	<i>Mammea americana; L.</i>	Mamey amarillo
	Caricaceae	<i>Carica papaya; L.</i>	Papaya
	Caricaceae	<i>Vasconcellea cauliflora; (Jacq.) A.DC.</i>	Papayita de ratón
	Combretaceae	<i>Terminalia catappa; L.</i>	Almendro
	Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sp.</i>	Helecho arborescente
	Fabaceae	<i>Bauhinia monandra; Kurz</i>	Maculís
	Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima; (L.) Sw.</i>	Camarón
	Fabaceae	<i>Cordia alliodora; (Ruiz & Pav.) Oken.</i>	Bojón
	Fabaceae	<i>Diphysa robinoides; Benth.</i>	Chipicoite
Fabaceae	<i>Erythrina americana; Mill.</i>	Madre	
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium; (Jacq.) Kunth ex Walp.</i>	Cocoíte	
Fabaceae	<i>Inga vera; Willd.</i>	Chalum	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbóreo	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala; (Lam.) de Wit</i>	Guaje
	Fabaceae	<i>Samanea saman; (Jacq.) Merr.</i>	Saman
	Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba; (Vell.) S.F.Blake</i>	Guanacaste blanco
	Fabaceae	<i>Senna sp.</i>	Hediondillo
	Flacourtiaceae	<i>Muntingia calabura; L.</i>	Capulín
	Lamiaceae	<i>Tectona grandis; L.</i>	Teca
	Lauraceae	<i>Persea americana; L.</i>	Aguacate
	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia; (L.) Kunth</i>	Nance
	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra; (L.) Gaertn.</i>	Ceiba
	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia; Lam.</i>	Caulote
	Malvaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus; Turcz.</i>	Corcho blanco
	Malvaceae	<i>Ochroma pyramidale; (Cav. ex Lam.) Urb.</i>	Hopi
	Malvaceae	<i>Pachira aquatica; Aubl.</i>	Guacta
	Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum; (Kunth) Dugand</i>	Sospó
	Malvaceae	<i>Sterculia apetala (Jacq.) H. Karsten.</i>	Bellote
	Malvaceae	<i>Theobroma cacao; L.</i>	Cacao
	Meliaceae	<i>Cedrela odorata; L.</i>	Cedro
	Moraceae	<i>Artocarpus altilis; (Parkinson) Fosberg</i>	Pan de mata
	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum; Sw. subsp. alicastrum C.C. Berg</i>	Ramón
	Moraceae	<i>Castilla elastica; Cerv.</i>	Hule
	Moraceae	<i>Ficus benjamina; L.</i>	Benjamina
	Moraceae	<i>Ficus cookii; Standl.</i>	Amate
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	Amate 2	
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica; (L.) Merr.</i>	Pimienta	
Myrtaceae	<i>Psidium guajava; L.</i>	Guayaba	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbóreo	Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola; L.</i>	Carambola
	Rhamnaceae	<i>Colubrina arborescens (Mill.) Sarg.</i>	Tatuan
	Rubiaceae	<i>Genipa americana; L.</i>	Jagua
	Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia; L.</i>	Noni
	Rutaceae	<i>Citrus x aurantifolia (Christm.) Swingle</i>	Limón
	Rutaceae	<i>Citrus x sinensis; (L.) Osbeck</i>	Naranja
	Salicaceae	<i>Salix sp.</i>	Sauce
	Sapindaceae	<i>Cupania dentata; DC.</i>	Cola de pava
	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito; L.</i>	Caimito
	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota; (L.) P. Royen</i>	Chicozapote
	Sapotaceae	<i>Pouteria sapota; (Jacq.) Moore & Stearn</i>	Zapote mamey
	Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia; Bertol.</i>	Guarumo
	Bixaceae	<i>Bixa orellana; L.</i>	Achiote
Arbustivo	Acanthaceae	<i>Megaskepasma erythrochlamys; Lindau.</i>	Pavoncillo
	Apocynaceae	<i>Jathropa podagrica; Hook</i>	Tártago
	Arecaceae	<i>Chamaedorea tepejilote; Liebm.</i>	Pacaya
	Asteraceae	<i>Lasianthaea fruticosa (L.) K.M. Becker</i>	Malacate de montaña
	Asteraceae	<i>Senecio sp.</i>	Flor amarilla
	Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia; (Hemsl.) A. Gray</i>	Árnica
	Combretaceae	<i>Combretum Aff. Fruticosum; (Loefl.) Stuntz.</i>	Cepillo
	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis; L.</i>	Higuerilla
	Fabaceae	<i>Acacia sp.</i>	Ishcanal
	Fabaceae	<i>Calliandra houstoniana; (Mill.) Standl.</i>	Cabello de ángel
	Fabaceae	<i>Indigosfera suffruticosa; P. Mill.</i>	Añil
	Fabaceae	<i>Mimosa pigra; L.</i>	Zarza negra



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Arbustivo	Fabaceae	<i>Senna reticulata</i> ; (Willd.) H.S.Irwin & Barneby	Barajas
	Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> ; L.	Tulipán chino
	Melastomataceae	<i>Miconia xalapensis</i> ; (Bonpl.) M.Gómez	Capulincillo
	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> ; L.	Café
	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Coralillo
	Solanaceae	<i>Solanum hirtum</i> ; Vahl	Huevos de gato
	Urticaceae	<i>Myriocarpa</i> sp.	Cholagogue
	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> ; L.	Cinco negritos
	Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i> ; (L.) Nicolson & C. E. Jarvis	Tripa de vaca
Herbáceo	Acanthaceae	<i>Ruellia blechum</i> ; L.	Cola de gato
	Acanthaceae	<i>Thunbergia erecta</i> (Benth.) T.Anderson.	Tomas garrido
	Acanthaceae	<i>Thunbergia fragrans</i> ; Roxb	Flor fragante
	Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i> ; L.	Bledo espinoso
	Amaranthaceae	<i>Celosia cristata</i> ; L.	Cresta de gallo
	Amaranthaceae	<i>Gomphrena serrata</i> ; L.	Confitillo
	Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i> ; Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pluma
	Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> ; L.	Quiebra muela
	Apocynaceae	<i>Thevetia</i> sp.	Manzana de burro
	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i> ; Kunth.	Anturio macho
	Araceae	<i>Dieffenbachia</i> sp.	Quequeste de puerco
	Araceae	<i>Monstera</i> sp.	Piña nona
	Araceae	<i>Philodendron radiatum</i> ; Schott	Hoja de viento
	Araceae	<i>Spathiphyllum</i> sp.	Flor de gusano
	Araceae	<i>Syngonium</i> sp.	Quequestillo
Araceae	<i>Xanthosoma robustum</i> ; Schott.	Quequeste	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Herbáceo	Asparagaceae	<i>Sansevieria trifasciata; Prain.</i>	Lengua de vaca
	Asteraceae	<i>Bidens odorata; Cav.</i>	Aceitillo
	Asteraceae	<i>Chaptalia sp.</i>	Agacha cabeza
	Asteraceae	<i>Clematis dioica; L.</i>	Barba de chivo
	Asteraceae	<i>Cosmos sulphureus; Cav.</i>	Mirasol
	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora; Cav.</i>	Quelitillo
	Asteraceae	<i>Lagascea mollis; Cav.</i>	Acuate
	Asteraceae	<i>Melampodium divaricatum; (L. C. Rich.) DC.</i>	Botón de oro
	Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus; L.</i>	Altamisa cimarrona
	Asteraceae	<i>Verbesina sp.</i>	Bordon de viejo
	Asteraceae	<i>Zinnia peruviana; (L.) L.</i>	Carolina
	Begoniaceae	<i>Begonia sp.</i>	Begonia
	Blechnaceae	<i>Blechnum sp.</i>	Helecho 6
	Bromeliaceae	<i>Tillandsia sp.</i>	Tilansia
	Cactaceae	<i>Selenicereus undatus; (Haw.) D.R.Hunt.</i>	Pitaya
	Cannaceae	<i>Canna indica; L.</i>	Platanillo
	Cleomaceae	<i>Cleome aculeata; L.</i>	Flor araña
	Commelinaceae	<i>Commelina erecta; L.</i>	Hierba de pollo
	Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina; Heynh. ex Bosse</i>	Matalí
	Convolvulaceae	<i>Ipomoea quamoclit; L.</i>	Campana roja
	Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>	Campana morada
	Convolvulaceae	<i>Merremia umbellata; (L.) H. Hallier</i>	Campana amarilla
	Convolvulaceae	<i>Odonellia sp.</i>	Campana blanca
	Costaceae	<i>Hellenia speciosa; (J.Koenig) S.R.Dutta</i>	Caña agría
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia; L.</i>	Cundeamor	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Herbáceo	Cyperaceae	<i>Cyperus sp.</i>	Coquillo
	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera; L.</i>	Papa voladora
	Euphorbiaceae	<i>Acalypha alopecuroidea; Jacq.</i>	Hierba de gato
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla; L.</i>	Lechero
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta; L.</i>	Golondrina 1
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>	Golondrina 2
	Euphorbiaceae	<i>Manihot sp.</i>	Yuca
	Fabaceae	<i>Aeschynomene americana; L.</i>	Guajillo
	Fabaceae	<i>Antigonon leptopus; Hook. & Arn.</i>	San Diego
	Fabaceae	<i>Centrosema plumieri; (Turpin ex Pers.) Benth.</i>	Patitos
	Fabaceae	<i>Desmodium sp.</i>	Frijolillo
	Fabaceae	<i>Mimosa pudica; L.</i>	Dormilona
	Fabaceae	<i>Senna hirsuta (L.) H. S. Irwin & Barneby</i>	Hediondilla
	Fabaceae	<i>Sigmoidotropis sp.</i>	Patito morado
	Fabaceae	<i>Vigna sp.</i>	Flor de patito
	Gesneriaceae	<i>Kohleria spicata; (Kunth) Oerst.</i>	Gorrito rojo
	Haemodoraceae	<i>Xiphidium caeruleum Aubl.</i>	Palma de bruja
	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai; (L.) L.</i>	Tanay 2
	Heliconiaceae	<i>Heliconia latispatha Benth.</i>	Ave de paraíso
	Heliconiaceae	<i>Heliconia rostrata; Ruiz. & Pav.</i>	Tanay 1
	Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum; L.</i>	Albahaca
	Lamiaceae	<i>Ocimum campechianum; Mill.</i>	Albahaca de la tierra
	Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia L.</i>	Lombricera
Loranthaceae	<i>Strutantus sp.</i>	Caballera	
Lygodiaceae	<i>Lygodium sp.</i>	Helecho 1	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Herbáceo	Lythraceae	<i>Cuphea sp.</i>	Escobilla
	Malvaceae	<i>Pavonia schiedeana; Steud.</i>	Cabeza de arriera
	Malvaceae	<i>Sida acuta; Burm.f.</i>	Escobillo
	Malvaceae	<i>Triumfetta semitriloba; Jacq.</i>	Cadillo cimarrón
	Maranthaceae	<i>Calathea crotalifera; S.Watson</i>	Hoja de chombo
	Maranthaceae	<i>Goepertia macrosepala; (K.Schum.) Borchs. & S.Suárez</i>	Suco
	Melastomataceae	<i>Arthrostemma ciliatum; Pav. ex D. Don</i>	Acedillo
	Melastomataceae	<i>Chaetogastra sp.</i>	Flor morada
	Musaceae	<i>Musa sapientum; L.</i>	Plátano
	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca; L.</i>	Plátano macho
	Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepidaceae sp.</i>	Helecho serrucho
	Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis; (Jacq.) Raven</i>	Primorosa amarilla
	Orchidaceae	<i>Epidendrum stamfordianum Bateman</i>	Orquídea tropical
	Orchidaceae	<i>Notylia barkeri; Lindl.</i>	Orquídea cepillo
	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata; (Lindl.) Lindl.</i>	Orquídea africana
	Orchidaceae	<i>Oncidium sp.</i>	Orquídea
	Orchidaceae	<i>Vanilla planifolia; Jacks. Ex Andrews.</i>	Vainilla
	Oxalidaceae	<i>Oxalis frutescens; L.</i>	Trébol amarillo
	Passifloraceae	<i>Passiflora Aff. ciliata; Aiton</i>	Maracuyá de monte
	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus sp.</i>	No conocido
Phytolaccaceae	<i>Rivina humilis; L.</i>	Coral	
Piperaceae	<i>Peperomia sp.</i>	Peperonia	
Piperaceae	<i>Piper auritum; Kunth.</i>	Momo	
Piperaceae	<i>Piper ssp1</i>	Jaco de monte	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Estrato	Familia	Especie	Nombre común
Herbáceo	Piperaceae	<i>Piper ssp2</i>	Piper
	Poaceae	<i>Bambusa vulgaris; Schrad. ex J.C.Wendl.</i>	Bambú
	Poaceae	<i>Cymbopogon citratus; (DC.) Stapf.</i>	Zacate limón
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon; (L.) Pers.</i>	Gramma
	Poaceae	<i>Panicum maximum; Jacq.</i>	Zacate guinea
	Poaceae	<i>Pennisetum purpureum; Schumacher.</i>	Zacate elefante
	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis sp.</i>	Helecho 5
	Pteridaceae	<i>Adiantum Aff. Tetraphyllum; Humb. & Bonpl. ex Willd.</i>	Helecho 2
	Pteridaceae	<i>Adiantum andicola; Liebm.</i>	Helecho 3
	Pteridaceae	<i>Adiantum latifolium; Lam.</i>	Helecho 4
	Pteridaceae	<i>Hemionitis palmata; L.</i>	Helecho araña
	Pteridaceae	<i>Pityrogramma sp.</i>	Helecho de plata
	Rubiaceae	<i>Coccocypselum hirsutum; Bartl. ex DC</i>	Mortiño culebra
	Rubiaceae	<i>Spermacoce sp.</i>	Botoncito
	Sapindaceae	<i>Paullinia sp.</i>	Bejuco costilla
	Selaginellaceae	<i>Selaginella sp.</i>	Doradilla
	Smilacaceae	<i>Byttneria aculeata (Jacq.) Jacq.</i>	Zarza hueca
	Solanaceae	<i>Capsicum frutescens; L.</i>	Chile
	Solanaceae	<i>Solanum americanum; Mill.</i>	Hierbamora
	Solanaceae	<i>Witheringia sp.</i>	Cuña
Verbenaceae	<i>Priva sp.</i>	Pega pega	
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta sp.</i>	Verbena	

Anexo 13.4 Catalogo visual de flora.

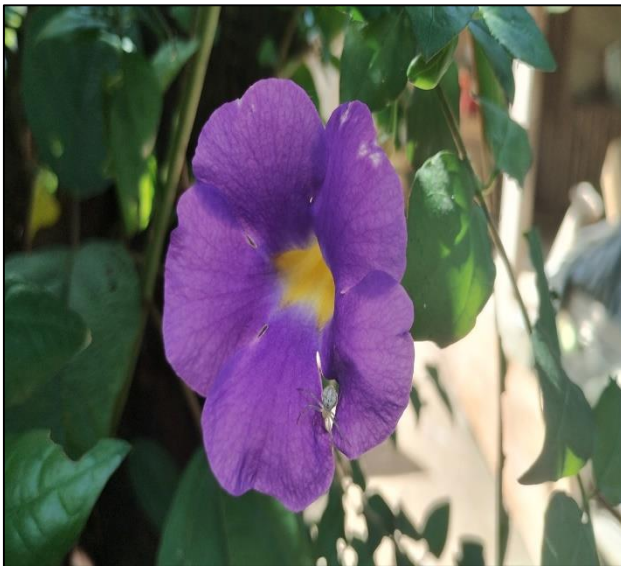
Familia Acanthaceae.



Pavoncillo (*Megaskepasma erythrochlamys*; Lindau.)



Cola de gato (*Ruellia blechum*; L.)



Tomás Garrido (*Thunbergia erecta* (Benth.)
T.Anderson.)



Flor fragante (*Thunbergia fragrans*; Roxb.)

Amaranthaceae.



Bledo espinoso (*Amaranthus spinosus*; L.)



Confitillo (*Gomphrena serrata*; L.)



Cresta de gallo (*Celosia cristata*; L.)



Pluma (*Iresine diffusa*; Humb. & Bonpl. ex Willd.)

Anacardiaceae, Annonaceae y Apocynaceae.



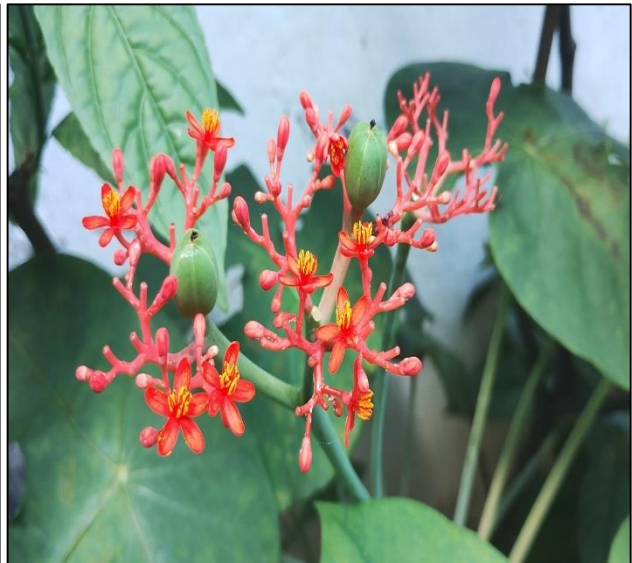
Mango (*Mangifera indica*; L.)



Chinkuya (*Annona purpurea*; Moc. & Sessé ex Dunal)



Quiebra muelas (*Asclepias curassavica*; L.)



Tártago (*Jathropa podagrica*; Hook.)

Apocynaceae y Araceae.



Chilca (*Thevetia peruviana*; (Pers.) K.Schum..)



Manzana de burro (*Thevetia sp.*



Anturio macho (*Anthurium schlechtendalii*; Kunth.)



Quequite de puerco (*Dieffenbachia sp.*)

Araceae (Continuación).



Piñanona (*Monstera sp.*)



Hoja de viento (*Philodendron radiatum*; Schott.)



Quequestillo (*Syngonium sp.*)



Flor de gusano (*Spathiphyllum sp.*)

Araceae y Arecaceae.



Quequeste (*Xanthosoma robustum*; Schott..)



Chichón (*Astrocaryum mexicanum*; Liebm. ex Mart)



Pacaya (*Chamaedorea tepejilote*; Liebm..)



Coco (*Cocos nucifera*; L.)

Asteraceae.



Aceitillo (*Bidens odorata*; Cav..)



Agacha cabeza (*Chaptalia* sp.)



Barba de chivo (*Clematis dioica*; L..)



Mirasol (*Cosmos sulphureus*; Cav.)

Asteraceae (continuación).



Quelutillo (*Galinsoga parviflora*; Cav.)



Acuate (*Lagascea mollis*; Cav.)



Malacate de montaña (*Lasianthaea fruticosa* (L.)
K.M. Becker)



Botón de oro (*Melampodium divaricatum*; (L. C.
Rich.) DC.)

Asteraceae (continuación).



Altamisa cimarrona (*Parthenium hysterophorus*; L.)



Flor amarilla (*Senecio* sp..)



Árnica (*Tithonia diversifolia*; (Hemsl.) A. Gray.)



Bordón de viejo (*Verbesina* sp..)

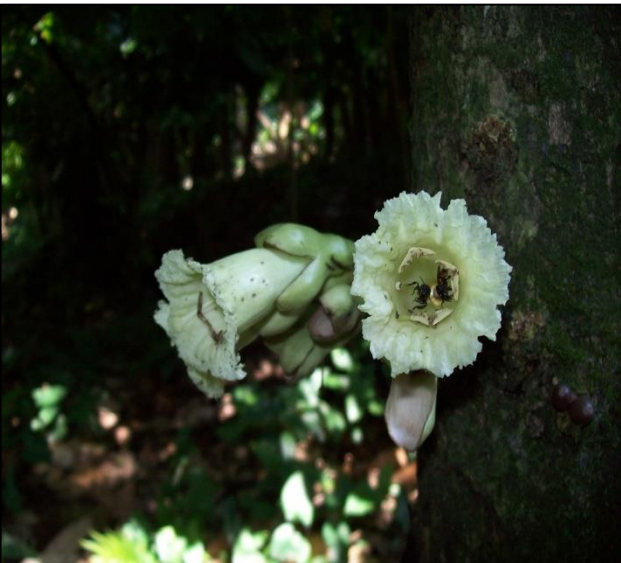
Asteraceae, Begoniaceae y Bignoniaceae.



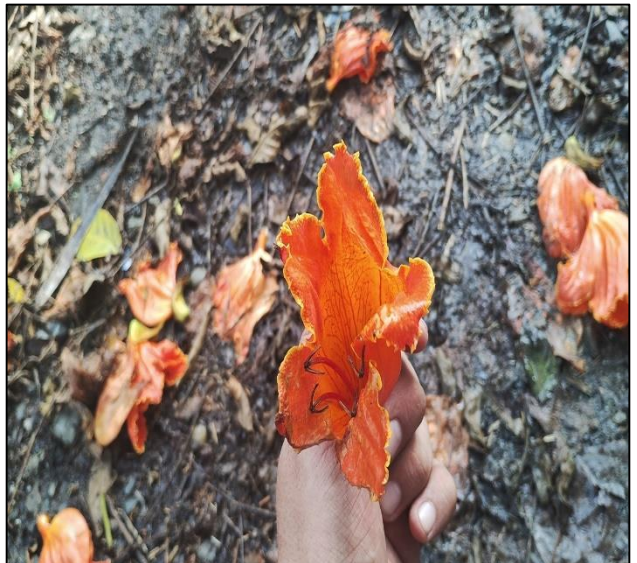
Carolina (*Zinnia peruviana*; (L.) L.)



Begonia (*Begonia* sp.)



Güiro (*Amphitecna apiculata*; A.H.Gentry.)



Tulipán africano (*Spathodea campanulata*; Beauv..)

Bignoniaceae, Bixaceae, Blechnaceae y Bromeliaceae.



Mattiliguat (*Tabebuia rosea*; (Bertol.) Bertero ex A.DC.)



Achiote (*Bixa orellana*; L.)



Helecho N°6 (*Blechnum sp.*)



Tilansia (*Tillandsia sp.*)

Burseraceae, Cactaceae, Calophyllaceae y Cannaceae.



Mulato (*Bursera simaruba*; (L.) Sarg.)



Pitaya (*Selenicereus undatus*; (Haw.) D.R.Hunt..)



Mamey amarillo (*Mammea americana*; L..)



Platanillo (*Canna indica*; L.)

Caricaceae, Cleomaceae y Combretaceae.



Papayita de ratón (*Vasconcellea cauliflora*; (Jacq.)
A.DC.)



Flor araña (*Cleome aculeata*; L..)



Cepillo (*Combretum Aff. Fruticosum*; (Loefl.)
Stuntz..)



Almendro (*Terminalia catappa*; L.)

Commelinaceae y Convolvulaceae.



Hierba del pollo (*Commelina erecta*; L.)



Matalí (*Tradescantia zebrina*; Heynh. ex Bosse.)



Campana roja (*Ipomoea quamoclit*; L.)



Campana morada (*Ipomoea sp.*)

Convolvulaceae, Costaceae y Cucurbitaceae.



Campana amarilla (*Merremia umbellata*; (L.) H. Hallier)



Campana blanca (*Odonellia* sp..)



Caña agría (*Hellenia speciosa*; (J.Koenig) S.R.Dutta.)



Cunde amor (*Momordica charantia*; L.)

Cyperaceae, Dioscoreaceae y Euphorbiaceae.



Coquillo (*Cyperus sp.*)



Papa voladora (*Dioscorea bulbifera; L.*)



Hierba de gato (*Acalypha alopecuroides; Jacq.*)



Lechero (*Euphorbia heterophylla; L.*)

Euphorbiaceae y Fabaceae.



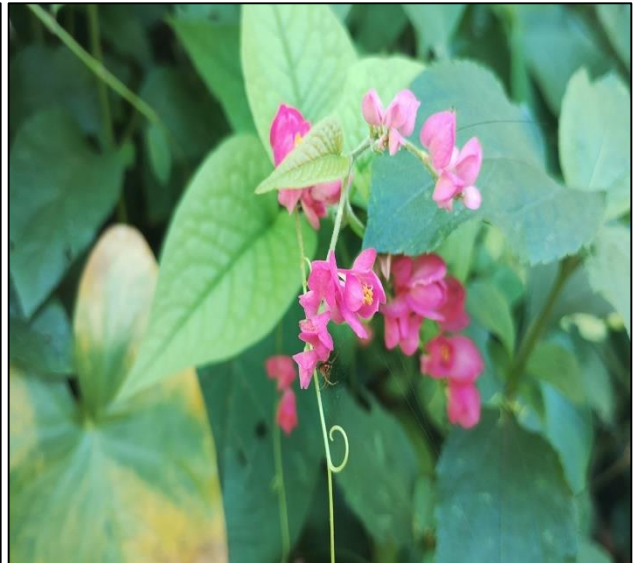
Golondrinao (*Euphorbia hirta*; L.)



Ishcanal (*Acacia sp.*)



Guajillo (*Aeschynomene americana*; L.)



San Diego (*Antigonon leptopus*; Hook. & Arn..)

Fabaceae (Continuación).



Maculis (*Bauhinia monandra*; Kurz.)



Camarón (*Caesalpinia pulcherrima*; (L.) Sw..)



Cabello de ángel (*Calliandra houstoniana*; (Mill.)
Standl.)



Patitos (*Centrosema plumieri*; (Turpin ex Pers.)
Benth.)

Fabaceae (Continuación).



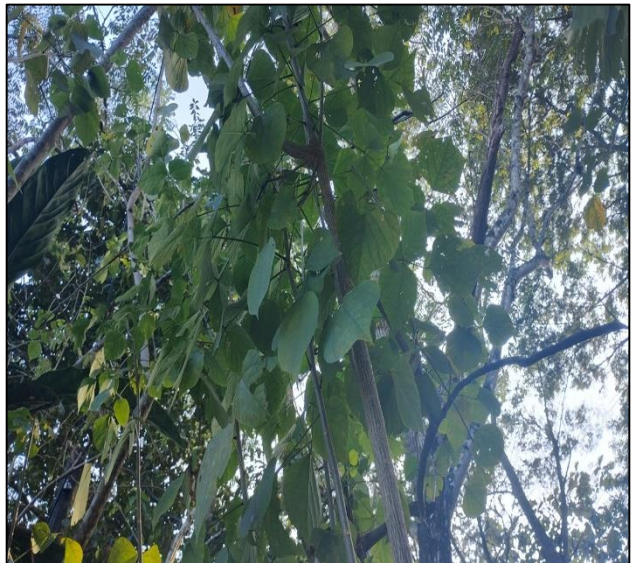
Bojón (*Cordia alliodora*; (Ruiz & Pav.) Oken..)



Frijolillo (*Desmodium sp.*)



Chipicoite (*Diphysa robinoides*; Benth.)



Madre (*Erythrina americana*; Mill.)

Fabaceae (Continuación).



Cocoíte (*Gliricidia sepium*; (Jacq.) Kunth ex Walp..)



Añil (*Indigofera suffruticosa*; P. Mill.)



Chalum (*Inga vera*; Willd..)



Guaje (*Leucaena leucocephala*; (Lam.) de Wit.)

Fabaceae (Continuación).



Zarza negra (*Mimosa pigra*; L.)



Dormilona (*Mimosa pudica*; L..)



Samán (*Samanea saman*; (Jacq.) Merr..)



Guanacaste blanco (*Schizolobium parahyba*; (Vell.) S.F.Blake.)

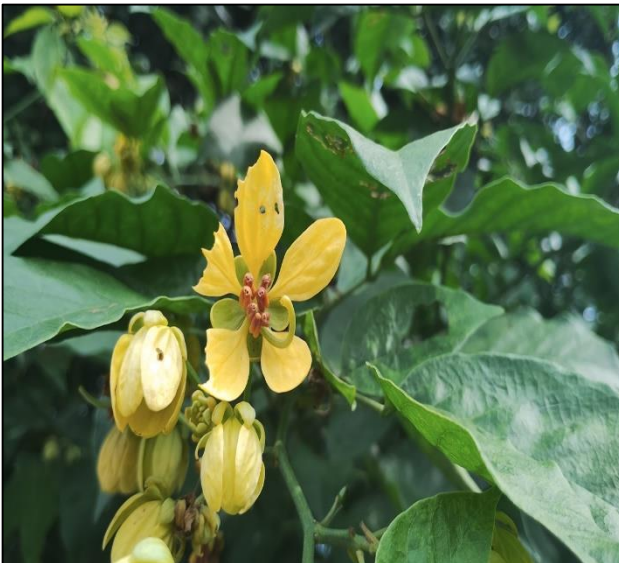
Fabaceae (Continuación).



Hediondilla (*Senna hirsuta* (L.) H. S. Irwin & Barneby)



Barajas (*Senna reticulata*: (Willd.) H.S.Irwin & Barneby)



Hediondillo (*Senna* sp.)



Patito morado (*Sigmoidotropis* sp..)

Fabaceae, Flacourtiaceae, Gesneriaceae y Haemodoraceae.



Flor de patito (*Vigna sp.*)



Capulín (*Muntingia calabura*; L.)



Gorrito rojo (*Kohleria spicata*; (Kunth) Oerst.)



Palma de bruja (*Xiphidium caeruleum* Aubl.)

Heliconiaceae y Lamiaceae.



Tanay 2 (*Heliconia bihai*; (L.) L.)



Ave de paraíso (*Heliconia latispatha* Benth.)



Tanay 1 (*Heliconia rostrata*; Ruiz & Pav.)



Albaca de la tierra (*Ocimum campechianum*; Mill.)

Lamiaceae, Loganiaceae, Lygodiaceae y Lythraceae.



Teca (*Tectona grandis*; L.)



Lombricera (*Spigelia anthelmia* L.)



Helecho 1 (*Lygodium* sp.)



Escobilla (*Cuphea* sp.)

Malpigiaceae y Malvaceae.



Nance (*Byrsonima crassifolia*; (L.) Kunth)



Ceiba (*Ceiba pentandra*; (L.) Gaertn.)



Corcho blanco (*Heliocarpus appendiculatus*; Turcz.)



Tulipán chino (*Hibiscus rosa-sinensis*; L.)

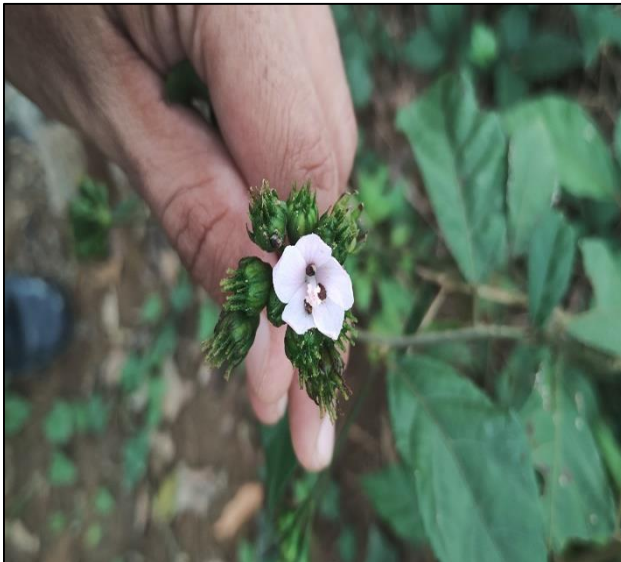
Malvaceae (Continuación).



Hopi (*Ochroma pyramidale*; (Cav. ex Lam.) Urb.)



Guacta (*Pachira aquatica*; Aubl.)



Caeza de hormiga (*Pavonia schiedeana*; Steud.)



Sospo (*Pseudobombax ellipticum*; (Kunth) Dugand)

Malvaceae (Continuación).



Escobillo (*Sida acuta*; Burm.f.)



Bellote (*Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karsten.)



Cacao (*Theobroma cacao*; L.)



Cadillo cimarrón (*Triumfetta semitriloba*; Jacq.)

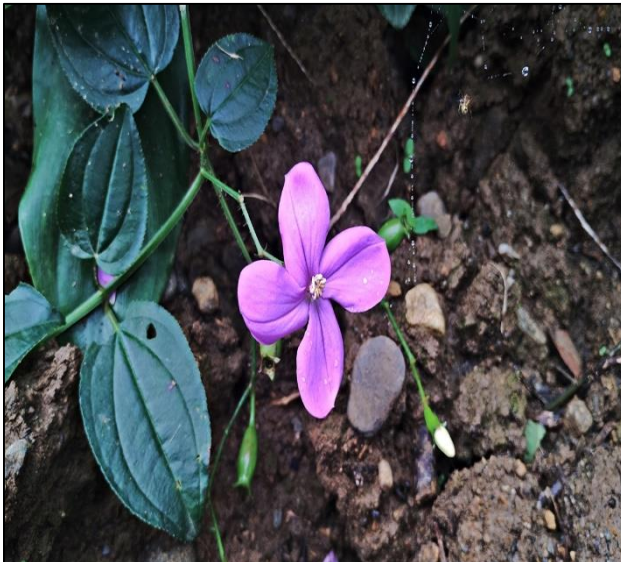
Maranthaceae y Melastomataceae.



Hoja de chombo (*Calathea crotalifera*; S.Watson)



Suco (*Goepertia macrosepala*; (K.Schum.) Borchs. & S.Suárez)



Acedillo (*Arthrostemma ciliatum*; Pav. ex D. Don)



Flor morada (*Chaetogastra* sp.)

Melastomataceae y Moraceae.



Capulincillo (*Miconia xalapensis*; (Bonpl.)
M.Gómez)



Pan de mata (*Artocarpus altilis*; (Parkinson) Fosberg)



Ramón (*Brosimum alicastrum*; Sw. subsp. *alicastrum*
C.C. Berg)



Hule (*Castilla elastica*; Cerv.)

Moraceae, Musaceae y Myrtaceae.



Benjamina (*Ficus benjamina*; L.)



Amate 2 (*Ficus sp.*)



Plátano macho (*Musa x paradisiaca*; L.)



Pimienta (*Pimenta dioica*; (L.) Merr.)

Myrtaceae, Nephrolepidaceae, Onagraceae y Orchidaceae.



Guayaba (*Psidium guajava*; L.)



Helecho serrucho (*Nephrolepidaceae* sp.)



Primorosa amarilla (*Ludwigia octovalvis*; Jacq.)
Raven



Orquídea tropical (*Epidendrum stamfordianum*
Bateman).

Orchidaceae. (Continuación).



Orquídea cepillo (*Notylia barkeri* Lindl.)



Orquídea africana (*Oeceoclades maculata*; (Lindl.)
Lindl.)



Orquídea (*Oncidium* sp.)



Vainilla (*Vanilla planifolia*; Jacks. Ex Andrews.)

Oxalidaceae, Passifloraceae y Dicksoniaceae.



Carambola (*Averrhoa carambola*; L.)



Trébol amarillo (*Oxalis frutescens*; L.)



Maracuya de monte (*Passiflora Aff. ciliata*; Aiton)



Helecho arborescente (*Dicksonia sp.*)

Phyllantaceae, Phytolaccaceae y Piperaceae.



Desconocido (*Phyllanthus sp.*)



Coral (*Rivina humilis*; L.)



Peperomia (*Peperomia sp.*)



Piper (*Piper ssp2.*)

Poaceae, Polypodiaceae y Pteridaceae.



Zacate guinea (*Panicum maximum*; Jacq.)



Zacate elefante (*Pennisetum purpureum*; Schumacher.)



Helecho 5 (*Pleopeltis* sp.)



Helecho 2 (*Adiantum* Aff. *Tetraphyllum*; Humb. & Bonpl. ex Willd.)

Pteridaceae y Rhamnaceae.



Helecho 4 (*Adiantum latifolium*; Lam.)



Helecho araña (*Hemionitis palmata*; L.)



Helecho de plata (*Pityrogramma* sp.)



Tatuan (*Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg.)

Rubiaceae.



Mortiño de montaña (*Coccocypselum hirsutum*; Bartl.
ex DC)



Café (*Coffea arabica*; L.)



Jagua (*Genipa americana*; L.)



Coralillo (*Hamelia patens* Jacq.)

Rubiaceae, Rutaceae y Salicaceae.



Noni (*Morinda citrifolia*; L.)



Botoncito (*Spermacoce* sp.)



Naranja (*Citrus x sinensis*; (L.) Osbeck.)



Sauce (*Salix* sp.)

Sapindaceae y Sapotaceae.



Cola de pava (*Cupania dentata*; DC.)



Bejuco costilla (*Paullinia* sp.)



Caimito (*Chrysophyllum cainito*; L.)



Chicozapote (*Manilkara zapota*; (L.) P. Royen)

Sapotaceae, Selaginellaceae, Smilacaceae y Solanaceae.



Zapote mamey (*Pouteria sapota*; (Jacq.) Moore & Stearn)



Doradilla (*Selaginella* sp.)



Zarza hueca (*Byttneria aculeata* (Jacq.) Jacq.)



Chile (*Capsicum frutescens*; L.)

Solanaceae y Urticaceae.



Hierba mora (*Solanum americanum*; Mill.)



Huevos de gato (*Solanum hirtum*; Vahl)



Cuña (*Witheringia* sp.)



Guarumbo (*Cecropia obtusifolia*; Bertol.)

Urticaceae y Verbenaceae.



Cholagogue (*Myriocarpa* sp.)



Cinco negritos (*Lantana camara*; L.)



Pega pega (*Priva* sp.)



Verbena (*Stachytarpheta* sp.)



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Vitaceae.



Tripas de vaca (*Cissus verticillata*; (L.) Nicolson & C. E. Jarvis)