



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>

Artículo Científico | Scientific Article

Dinámica forestal y riqueza florística en fragmentos de bosque tropical seco: un análisis de cambio de uso de suelo de 20 años en San Esteban Catarina, San Vicente, El Salvador, C.A

Forest dynamics and floristic richness in fragments of tropical dry forest:
A 20-year analysis of land use change in San Esteban Catarina,
El Salvador, C.A

Manuel Medina Amaya^{1,3}; Pablo Galán^{2,4}

Correspondencia: manuel.medina@ues.edu.sv

1 Universidad de El Salvador

2 Investigador Independiente

3  <https://orcid.org/0000-0003-4061-2098>

4  <https://orcid.org/0000-0002-7037-7853>

RESUMEN

Los bosques tropicales secos de América Central enfrentan amenazas críticas debido a la deforestación y la fragmentación antropogénica. Particularmente en El Salvador, la cubierta forestal presenta una alta fragmentación; a pesar de ello, estos bosques constituyen importantes refugios para la flora nativa y otras especies. Se realizó un inventario florístico en fragmentos forestales de San Esteban Catarina, San Vicente. Se establecieron siete sitios de muestreo y se identificaron las especies mediante la recolección de material botánico en campo y el trabajo de herbario. También se analizó el cambio de uso del suelo mediante imágenes Landsat (2001, 2014 y 2021), utilizando una clasificación supervisada por distancia mínima. En el estrato arbóreo se registraron 79 especies pertenecientes a 33 familias, con predominio

DOI: <https://doi.org/10.66778/RM.v09n02.04>

Enviado: 30 de julio de 2025

Aceptado: 14 de octubre 2025

Palabras claves: Bosque seco, fragmentación, deforestación, restauración.

Keywords: dry forest, fragmentation, deforestation, restoration.



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

de Fabaceae (25 especies y 19 géneros). Los estratos arbustivos, herbáceo, de trepadoras y de epífitas incluyeron 38 especies pertenecientes a 20 familias, también con predominio de Fabaceae (8 especies). Se identificaron dos especies amenazadas y cuatro en peligro de extinción. La cobertura forestal disminuyó del 51,6 % (4287,2 ha) en 2001 al 28,0 % (2324,5 ha) en 2014, con una recuperación parcial hasta alcanzar el 39,3 % (3262,3 ha) en 2021. La precisión de la clasificación osciló entre el 87 % y el 90 %. El análisis multitemporal reveló un 21,2 % de vegetación estable, un 18,1 % de vegetación recuperada y un 22,2 % de vegetación deforestada durante un período de 20 años. La recuperación de la vegetación ocurrió principalmente en tierras agrícolas abandonadas mediante procesos de regeneración natural. A pesar de las continuas presiones de deforestación, los fragmentos forestales de los paisajes tropicales secos mantienen una considerable diversidad vegetal y muestran capacidad de recuperación natural, lo que destaca su valor para la conservación y el potencial de restauración del paisaje. Finalmente, se sugiere establecer estrategias de conservación que protejan los fragmentos forestales estables y promuevan la regeneración natural.

ABSTRACT

Tropical dry forests in Central America face critical threats due to deforestation and anthropogenic fragmentation. In El Salvador, forest cover is highly fragmented; nevertheless, these forests constitute important refuges for native flora and other species. A floristic inventory was conducted in forest fragments in San Esteban Catarina, San Vicente. Seven sampling sites were established, and species were identified through the collection of botanical specimens in the field and herbarium work. Land-use change was also analyzed using Landsat imagery (2001, 2014, and 2021) through minimum-distance supervised classification. A total of 79 species belonging to 33 families were recorded in the tree stratum, with Fabaceae being the dominant family (25 species and 19 genera). The shrub, herbaceous, climbing plant, and epiphyte strata included 38 species belonging to 20 families, also dominated by Fabaceae (8 species). Two threatened species and four endangered species were identified. Forest cover decreased from 51.6% (4,287.2 ha) in 2001 to 28.0% (2,324.5 ha) in 2014, followed by a partial recovery to 39.3% (3,262.3 ha) in 2021. Classification accuracy ranged from 87% to 90%. The multitemporal analysis revealed 21.2% stable vegetation, 18.1% recovered vegetation, and 22.2% deforested vegetation over a 20-year period. Vegetation recovery occurred mainly on abandoned agricultural lands through natural regeneration processes. Despite ongoing deforestation pressures, forest fragments in tropical dry landscapes maintain considerable plant diversity and demonstrate a capacity for natural recovery, highlighting their conservation value and the potential for landscape restoration. Finally, the establishment of

conservation strategies that protect stable forest fragments and promote natural regeneration is recommended.

INTRODUCCIÓN

Los bosques secos tropicales particularmente se caracterizan por una estación seca prolongada (Olson & Dinerstein, 1998) y son fuentes vitales de recursos naturales para las comunidades locales (Challenger, 1998). Sin embargo, los bosques secos de Mesoamérica han sido intensamente explotados (Janzen, 1988; Maass, 1995; Murphy & Lugo, 1995) y están gravemente amenazados por actividades humanas como el cambio de uso de suelo, el pastoreo, la urbanización y la tala, lo que provoca deforestación y fragmentación (Miles et al., 2006; Díaz-Gallegos et al., 2010; Trejo, 2010; Rosete-Vergés et al., 2014). Estas perturbaciones generan que en muchas regiones de los bosques secos esté constituido principalmente de vegetación secundaria que ha rebrotado tras el abandono de tierras agrícolas (Sánchez-Azofeifa & Portillo-Quintero, 2011), recuperando la densidad forestal rápidamente, aunque a tasas variables (Kennard, 2002; Chazdon et al., 2007; Lebrija-Trejos et al., 2008; Aide et al., 2013).

El Salvador constituye un ejemplo de las condiciones en que se encuentra la vegetación por la perturbación antrópica, pero a pesar de ello, se cuenta con una cobertura nacional del 26.1 % de la vegetación latifoliada, aunque constituida principalmente por vegetación joven, mayoritariamente bosques secundarios y con un elevado grado de fragmentación (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2011, 2018). Sin embargo, a pesar de las amenazas para la biodiversidad que representan la pérdida y fragmentación del bosque tropicales (Wu, 2013; Haddad et al., 2015), los fragmentos remanentes actúan como refugios importantes para la flora nativa (Rösch et al., 2015), particularmente en familias dominantes como la Fabaceae constituyendo un patrón observado en la mayoría de los bosques secos tropicales (Pennington et al., 2009; Gómez et al., 2018; Ortega-Baranda et al., 2020; Cuellar-Cardozo et al., 2022; Manojkumar et al., 2023), persistiendo un buen número de especies nativas en esos bosques remanentes o fragmentos (MARN, 2011), incluidas especies amenazadas o en peligro de extinción (MARN, 2018).

Debido a la creciente fragmentación de los bosques y sus impactos asociado, los estudios sobre los cambios progresivos en la cobertura vegetal y uso

de suelo han cobrado importancia para evaluar las tendencias espacio-temporales asociadas a procesos como la deforestación y degradación ambiental, impulsados principalmente por actividades humanas (Escandón-Calderón et al., 2018). En este contexto, la utilización de imágenes aéreas y técnicas de procesamiento constituyen una herramienta fundamental para cartografiar y examinar la dinámica asociada a la deforestación y los procesos de crecimiento secundario (Arroyo-Mora et al., 2005; Sesnie et al., 2008; Escandón-Calderón et al., 2018), facilitando el monitoreo de la cobertura del suelo (Congedo, 2021). El uso de imágenes en estudios de cambio de uso de suelo tiene mucha robustez y es bastante frecuente en regiones tropicales (Flamenco-Sandoval et al., 2007; Zepeda Gómez et al., 2012; Morales-Barquero et al., 2014; Alatorre et al., 2015; Colditz et al., 2015; Sierra-Soler et al., 2015; Escandón-Calderón et al., 2018). No obstante, en El Salvador persisten vacíos en la aplicación de estas técnicas para evaluar la dinámica de la fragmentación, particularmente a escalas locales.

Bajo el presente escenario, este trabajo tuvo como objetivo realizar un inventario florístico preliminar en San Esteban Catarina, El Salvador y elaborar mapas de uso y cobertura del suelo mediante imágenes Landsat de los años 2001, 2014 y 2021, analizando los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo en un periodo de 20 años y orientado a identificar sitios prioritarios para la conservación de la flora local, basándose en los patrones de cambio.

METODOLOGÍA

Descripción de sitio de estudio

El Salvador cuenta con una cobertura nacional del 26 % de vegetación latifoliada, aunque estas regiones comprenden bosques secundarios jóvenes, con un elevado grado de fragmentación (MARN, 2018).

El estudio se realizó en el distrito de San Esteban Catarina, San Vicente, El Salvador (Figura 1), el rango altitudinal es de 180 a 870 m.s.n.m. La temperatura promedio fluctúa entre 26 a 28°C y la precipitación promedio histórica anual es de 1,623 mm. (MARN, s/f). Los suelos están catalogados como Grumosoles arcillosos, el material original es lava efusiva andesíticas-basálticas (Rico, 1974).

Tipo de vegetación

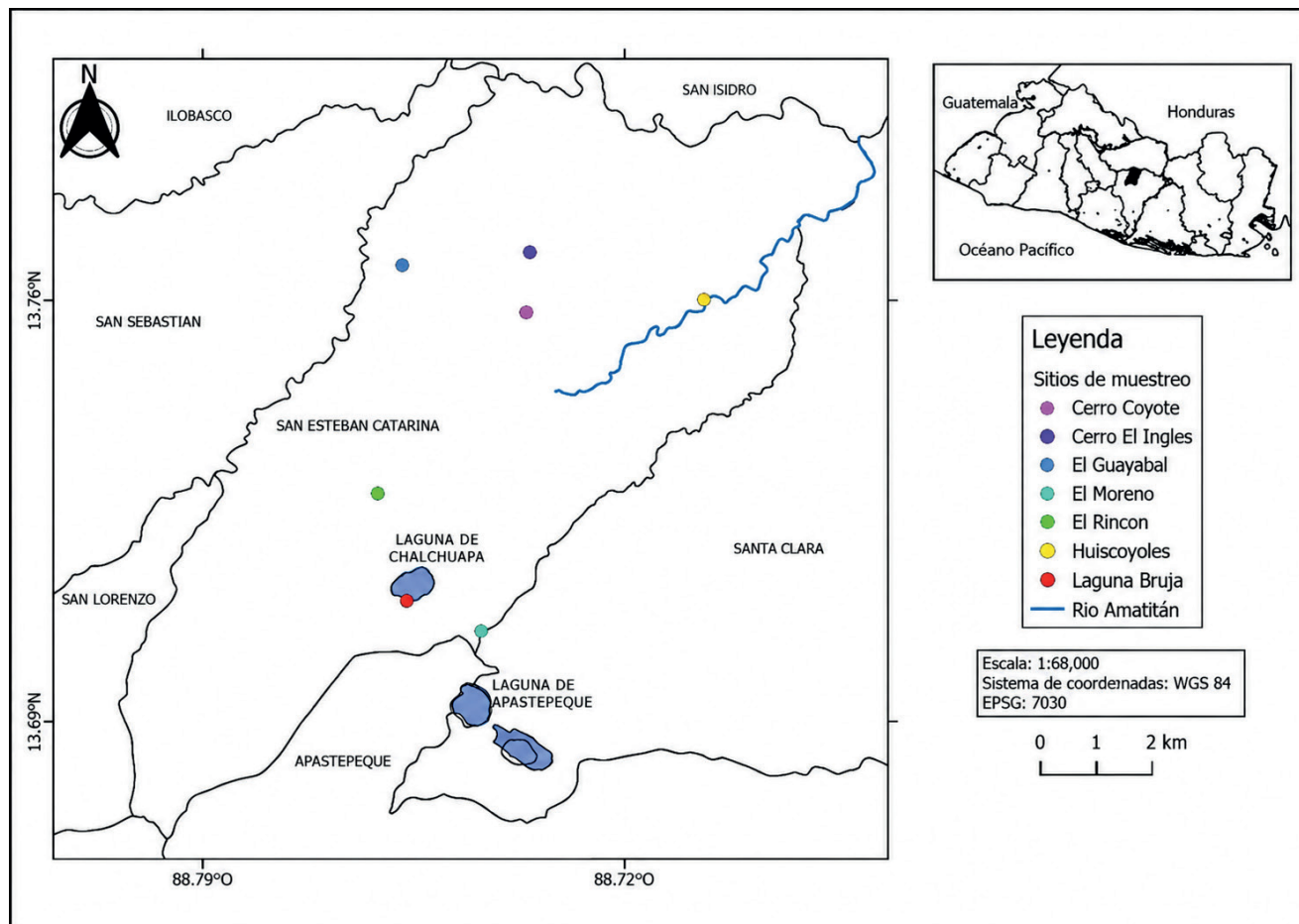
La vegetación predominante en la zona de estudio corresponde a selva baja caducifolia, en la cual la mayoría de especies arbóreas pierden el follaje durante la época seca, la cual se extiende aproximadamente a seis meses (Flores, 1980) y de acuerdo a la clasificación de ecosistemas del MARN, (2011), la definen como bosque tropical deciduo latifoliado de tierras bajas bien drenado, caracterizado por la pérdida de follaje en la primera mitad de la estación seca, mientras que los estratos herbáceo y arbustivo se secan al inicio de la estación y dan al bosque un aspecto muy abierto en esta época.

Muestreo

Se realizaron viajes de reconocimiento con la ayuda de guías locales en el cual se identificaron los lugares para establecer las giras botánicas. Posteriormente con el uso de imágenes satelitales y las recomendaciones de los técnicos de la unidad ambiental de la alcaldía de San Esteban Catarina, se definieron siete sitios de colecta siendo estos: Cerro Coyote, Cerro El Inglés, El Guayabal, El Moreno, El Rincón, Huiscoyoles, Laguna Bruja y Río Amatitán (Figura 1). El criterio de selección fue la presencia significativa de vegetación. Los sitios seleccionados comprenden fragmentos de selva seca, con diferente grado de conservación. En los recorridos, las especies conocidas se identificaron in situ y para las especies desconocidas se hicieron colectas de material botánico.

Figura 1

Ubicación de los sitios de muestreo, distrito de San Esteban Catarina, Departamento de San Vicente, El Salvador



Identificación taxonómica

Con los especímenes colectados, se realizó la identificación taxonómica ex situ, principalmente en el herbario LAGU del Jardín Botánico La Laguna con apoyo de los técnicos a cargo. Además, se utilizaron herramientas digitales como bases de datos y herbarios virtuales, tales como: Tropicos del Missouri Botanical Garden, Dendroflora de El Salvador y el International Plant Names Index (IPNI).

Obtención de datos

Se adquirieron imágenes multispectrales del sensor Landsat con cobertura de nubosidad inferior al 10%, correspondientes a tres fechas distintas (agosto de 2001, enero de 2014 y diciembre de 2021). Los datos fueron descargados de la plataforma del USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) en formato Level-1 (año 2001) y Level-2 (años 2014 y 2021). Las imágenes georeferenciadas en proyección UTM zona 16 norte (datum WGS84), manteniendo su resolución

espacial nativa de 30 metros. Se aplicó un corte a las imágenes utilizando una máscara vectorial del límite administrativo del distrito de San Esteban Catarina mediante el software QGIS.

Reclasificación y evaluación

Para la clasificación temática se definieron dos categorías principales que comprenden áreas con cobertura boscosa y zonas de cultivos anuales y potreros. Para el procesamiento de las imágenes se utilizaron combinaciones espectrales para optimizar la discriminación visual de las clases. Luego se crearon 15 áreas de entrenamiento (ROI) por cada categoría, los ROI se definieron mediante la interpretación de composiciones RGB (543) de las imágenes Landsat. Las imágenes recortadas del año 2001, 2014 y 2021 se reclasificaron mediante el SCP ("Semi-Automatic Classification Plugin"), utilizando el algoritmo de distancia mínima (MD) (Congedo, 2021).

Para evaluar la precisión de la reclasificación de los raster utilizamos el plugin AcATaMa (Accuracy Assessment of Thematic Maps) (Llano, 2024). Se seleccionó el diseño de muestreo estratificado, el cual es recomendado por (Olofsson et al., 2014) como una buena práctica para garantizar que todas las clases están bien representadas. Se definieron 20 unidades de muestreo para la categoría de cobertura arbórea y 10 para cultivos anuales o potreros 30 unidades en total. La evaluación de la precisión se centra en tres tipos de análisis y parámetros. El primero a nivel global, definido como precisión general. El segundo, que se centra en la precisión específica de cada clase y se clasifica como la precisión del usuario

o del productor, y el tercero, que corresponde a la estimación de la proporción de área por clase. La reclasificación y evaluación se realizó para las tres imágenes (raster) recortadas (Olofsson et al., 2014).

Análisis de cambio multitemporal

Utilizando álgebra de mapas, se combinaron los tres raster mediante una expresión que asigna valores únicos a cada combinación posible (Singh, 1989). Con esto se obtiene un raster resultante clasificado, en el cual se identifican patrones de mantenimiento de vegetación, deforestación reciente y recuperación, los detalles de cálculo se resumen en la tabla 1.

Tabla 1

Matriz de transiciones que detalla las combinaciones de los tres años de evaluación (2001, 2014 y 2021) y la interpretación de cada resultado

Código	2001	2014	2021	Interpretación
VT	0	1	0	Vegetación temporal (o error)
R	0	1	1	Recuperación después de 2001
DP	1	0	0	Deforestación permanente
VE	1	1	1	Vegetación estable

Nota. Los valores iguales a uno indican presencia de vegetación.

RESULTADOS

Riqueza de especies

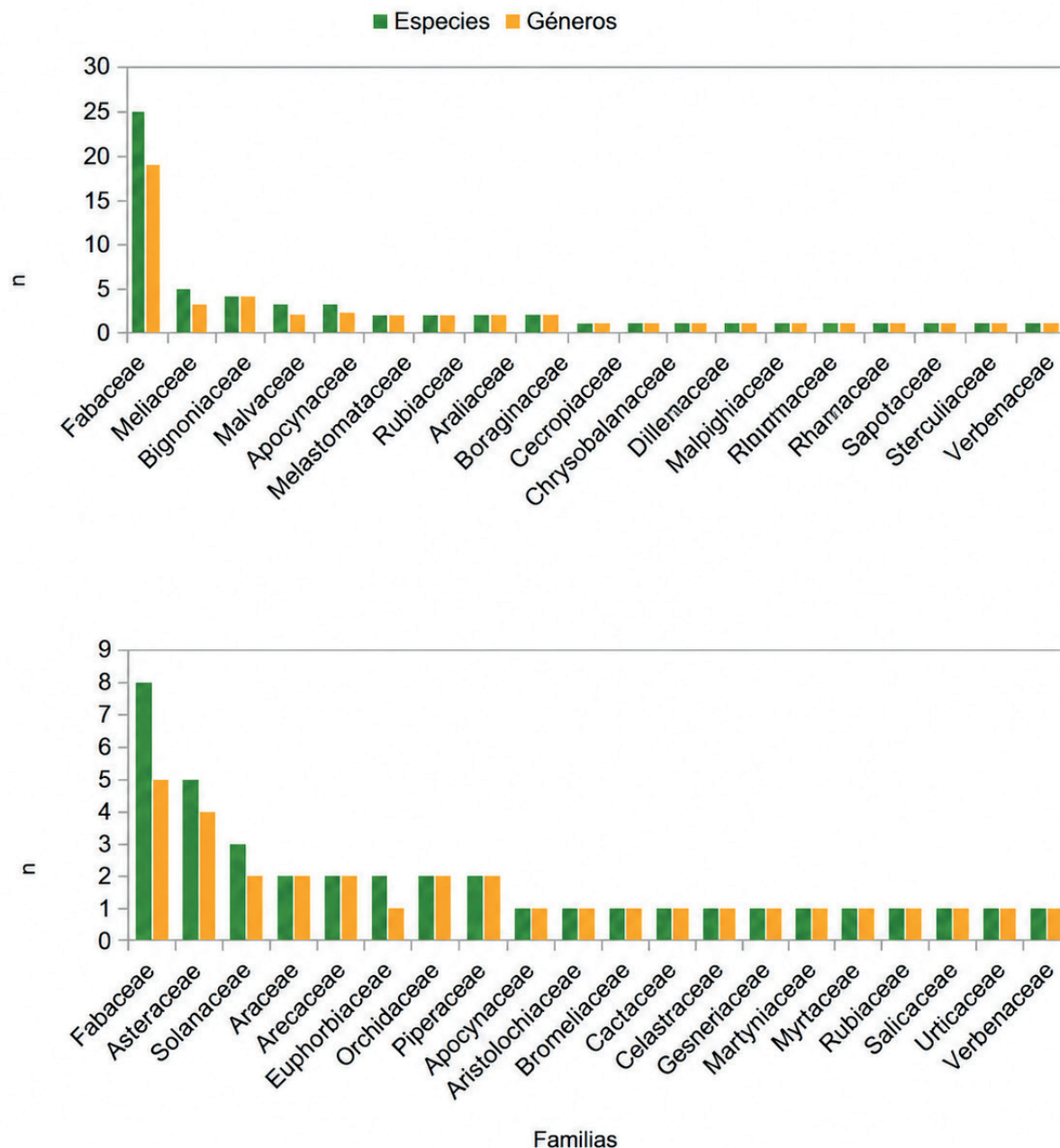
Para el estrato arbóreo se identificaron en total 79 especies que se agrupan en 33 familias (S1), siendo la familia Fabaceae la más diversa con 25 especies agrupadas en 19 géneros. Le sigue la familia Annonaceae con 5 especies, las familias Meliaceae y Moraceae con 4 especies e igual número de géneros, las familias Bignoniaceae, Cordiaceae y Malvaceae presentan 3 especies. El resto de las familias cuentan únicamente con 1 o 2 especies (Figura 2). Se verificó Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción y se identificó que las especies *Acosmium panamense* “chichipate” y *Cedrela odorata* “cedro” están consideradas como amenazadas, y *Acrocomia aculeata* “coyol”, *Swietenia humilis* “caoba”, *Pseudosamanea guachapele* “carreto” y *Dalbergia calderonii* “funero” están ubicadas en la categoría de en peligro (MARN, 2023).

El estrato arbustivo, herbáceo, trepadoras y epífitas estuvo constituido por 20 familias y 38 especies, también dominado por la familia Fabaceae con 8 especies agrupadas en 5 géneros. La familia Asteraceae fue la segunda más abundante con 5 especies y seguido la familia Solanaceae con 3 especies. El resto de las familias cuentan con menos de 3 especies (S2 y Figura 2)

El tratamiento taxonómico utilizado para las familias botánicas es el adoptado por Berendsohn et al (2009-2016) en la obra *Nova Silva Cuscatlanica* o en su formato en línea “*Dendroflora de El Salvador*”. Así mismo, se ha combinado el sistema nomenclatural utilizado en los proyectos, *Flora de Nicaragua*, *Flora Mesoamericana* y *Manual de Plantas de Costa Rica* del sitio *Tropicos del Missouri Botanical Garden*, y de *Plants of the World Online* del *International Plant Names Index* del herbario Kew en *Royal Botanical Garden*.

Figura 2

Familias con mayor número de géneros y especies de San Esteban Catarina, El Salvador. a) estrato arbóreo; b) arbustos, herbáceas, trepadoras y epifitas



Cambio de uso de suelo

La evaluación global de la clasificación mostró una precisión del 87 % para los años 2001 y 2014, y del 90 % para el año 2021 (Tabla 2). Las imágenes reclasificadas para el periodo de estudio indican cambios de cobertura considerables (Figura 3). Entre el primer periodo evaluado (2011-2014) la cobertura de vegetación disminuyó casi la mitad de su extensión,

en el siguiente periodo (2014-2021) se aprecia un aumento de la vegetación, pero no recuperó su extensión inicial. Con las zonas de cultivos y potreros ocurre un comportamiento inverso donde aumenta la extensión en el primer periodo evaluado y luego hay una reducción en el año 2021 posiblemente por abandono (Tabla 2).

Figura 3

Tipo de cobertura periodo 2001 a 2021 según clasificación supervisada, Distrito de San Esteban Catarina, San Vicente. Cambio multitemporal. VE: vegetación estable, R: recuperación, VT: vegetación temporal, D: deforestación, CP: Cultivos y potreros

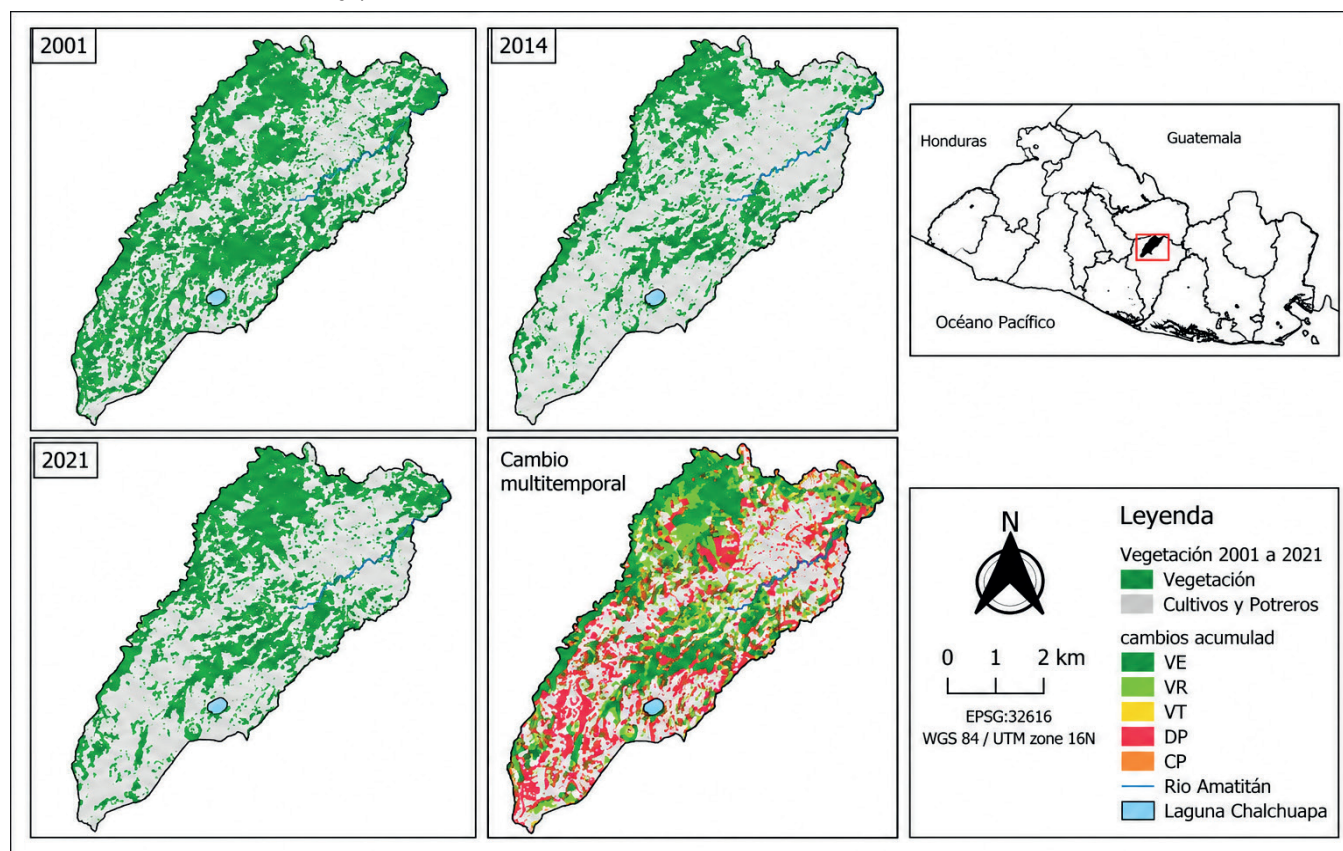


Tabla 2

Estimación de los cambios de la cobertura para el periodo 2001 a 2021 según clasificación supervisada y precisión de la clasificación, Distrito de San Esteban Catarina, San Vicente

Tipo de cobertura	2001		2014		2021	
	%	ha	%	ha	%	ha
Vegetación	51.6	4,287.2	28.0	2,324.52	39.3	3,262.32
Cultivos y potreros	48.4	4,018.1	72.0	5,980.77	60.7	5,042.97
Precisión		0.87		0.87		0.90
Desviación estándar		0.05		0.07		0.03

El análisis multitemporal revela patrones diferenciados de cambio en los fragmentos de bosque. Los resultados muestran que los parches boscosos han experimentado procesos tanto de reducción como de expansión en su superficie, evidenciando la naturaleza dinámica de la cobertura vegetal en la región (Figura 3). En el sector noroccidental del área de estudio se

identificó una considerable superficie de vegetación estable, caracterizada por la ausencia de pérdida de cobertura forestal durante todo el periodo analizado (Tabla 3). También se observa vegetación estable en la región suroriental, aunque los fragmentos son de menor extensión y se localizan predominantemente en áreas escarpadas de difícil acceso.

La vegetación recuperada abarca una superficie considerable (Tabla 3) y corresponde principalmente a terrenos abandonados que han experimentado procesos de regeneración natural durante el periodo de estudio. Estas áreas probablemente están constituidas por formaciones de vegetación secundarios en estadios sucesionales tempranos (ej. matorrales). Los procesos de deforestación

comprenden un área considerable en la zona de estudio (Tabla 3) y presentan una distribución espacial dispersa, sin concentrarse en una región específica. Los parches deforestados exhiben tamaños variables y muestran un patrón característico de expansión de las zonas forestales adyacentes a las zonas de cultivos o potreros previamente establecidos (Figura 3).

Tabla 3

Estimación de la dinámica de los cambios de la cobertura de vegetación en el periodo de 2001 a 2021 San Esteban Catarina, El Salvador

Categoría	Código	%	ha
Vegetación estable	VE	21.2	1,758.0
Vegetación recuperada	VR	18.1	1,504.2
Vegetación temporal	VT	0.9	73.2
Deforestación	D	22.2	1,847.8
Cultivos y potreros	CP	37.6	3,121.8

DISCUSIÓN

El cambio en la cobertura forestal de los bosques tropicales constituye uno de los principales factores que determinan la pérdida de biodiversidad, alteran el balance global de carbono y reducen los servicios ecosistémicos que estos proveen (Houghton, 2012; Aide et al., 2013). En la región de América Latina y el Caribe, múltiples estudios han documentado procesos extensivos de deforestación (Díaz-Gallegos et al., 2010; Aide et al., 2013; Armenteras & Rodríguez, 2014; Rosete-Vergés et al., 2014), cuyos patrones presentan una marcada heterogeneidad espacial asociada tanto a las condiciones ambientales y dinámicas socioeconómicas particulares de cada región, las cuales responden a contextos históricos e historia del uso del suelo específicas (Armenteras & Rodríguez, 2014).

En El Salvador, los procesos de cambio de cobertura forestal se caracterizan por una dinámica simultánea de deforestación y recuperación (ej. regeneración natural), estrechamente vinculadas a transformaciones económicas y demográficas regionales (Cuéllar et al., 2003). Las estimaciones cuantitativas del área de estudio revelan que la tasa neta de deforestación supera la tasa de recuperación forestal, tendencia atribuible principalmente al incremento de las actividades agrícolas en la zona, considerando que la mayoría de las causas de deforestación es la expansión de la frontera agrícola

y ganadería y particularmente los bosques secos son los más afectados (Armenteras & Rodríguez, 2014).

Simultáneamente la baja rentabilidad de los sistemas agrícolas tradicionales y los procesos migratorios particularmente en las zonas rurales propician el abandono de tierras agrícolas, facilitando procesos de regeneración natural (Cuéllar et al., 2003). Hay estudios locales en Latinoamérica que reporta una tendencia positiva hacia la recuperación de bosques secundarios, fenómeno asociado al abandono de tierras por pequeños agricultores (Herrador Valencia et al., 2011; Bonilla-Moheno et al., 2012; Redo et al., 2012; Aide et al., 2013), esta tendencia también se observa en El Salvador (Aide et al., 2013; Armenteras & Rodríguez, 2014) lo que configura un escenario donde las áreas boscosas están constituidas por vegetación joven, mayoritariamente bosque secundario y con un elevado grado de fragmentación (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011, 2018), similares condiciones se observan en la zona de estudio con la presencia de fragmentos de vegetación que se mantiene relativamente estables en el periodo de evaluación e incluso hay ganancia de cobertura vegetal en algunos sectores, particularmente en la región noroccidental del distrito.

La mayoría de estas regiones con tendencias positivas de recuperación comprenden mayoritariamente bosques deciduos y semi-deciduos los cuales su flora

es más resiliente que aquellas que pertenecen a los bosques siempreverdes (Vreugdenhil, 2003). Muchas especies todavía sobreviven en estos fragmentos ubicados a lo largo de los ríos y quebradas, así como en rincones de difícil acceso de las montañas (Vreugdenhil, 2003), el inventario florístico realizado presenta un número considerable de especies, incluyendo algunas en categoría de riesgo y muy probablemente muchas especies no incluidas por efecto de muestreo. Es necesario prestar más atención a los paisajes secundarios tropicales que se están recuperando de años de degradación constante (Arroyo-Mora et al., 2005).

Es urgente adoptar medidas de conservación y restauración para mejorar la conectividad del paisaje, reduciendo la tasa de extinción y aumentar los servicios ecosistémicos (Haddad et al., 2015). Las especies arbóreas tienen una gran importancia ecológica y social a nivel mundial, estas proporcionan hábitat y servicios ecosistémicos a una gran cantidad de otros organismos, entre plantas, animales y hongos, por tanto, la conservación de los árboles tiene beneficios añadidos inherentes para la conservación de la naturaleza en general (Beech et al., 2025). Este proceso de recuperación natural podría ser beneficioso para la recuperación de la biodiversidad, los corredores biológicos y los servicios ambientales (Arroyo-Mora et al., 2005). Se sugiere a las entidades correspondientes a la conservación que realicen acciones para establecer los fragmentos de bosque estables como áreas protegidas privadas mejorando la conectividad del paisaje.

AGRADECIMIENTOS

Alcaldía de San Esteban Catarina por el apoyo logístico en las giras de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo, D., Bonilla-Moheno, M., Riner, G., Andrade-Núñez, M. J., & Muñiz, M. (2013). De-forestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica*, 45(2), 262–271. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>
- Alatorre, L. C., Sánchez, E., Amado, J. P., Wiebe, L. C., Torres, M. E., Rojas, H. L., Bravo, L. C., López, E., & López, E. (2015). Analysis of the Temporal and Spatial Evolution of Recovery and Degradation Processes in Vegetated Areas Using a Time Series of Landsat TM Images (1986-2011): Central Region of Chihuahua, Mexico. *Open Journal of Forestry*, 05(02), 162–180. <https://doi.org/10.4236/ojf.2015.52016>
- Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2014). Dinámica y causas de la deforestación en bosques de Latino América: Una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07>
- Arroyo-Mora, J. P., Sánchez-Azofeifa, G. A., Rivard, B., Calvo, J. C., & Janzen, D. H. (2005). Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106(1), 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.07.002>
- Beech, E., Alvarez Clare, S., Brewer, S., Coronado, I., Linares, J. L., MacVean, A. L., Martínez Salas, E., Machuca Machuca, K., Redonda-Martínez, R., Rodríguez Delcid, D., Samain, M. S., Zacarías Correa, A. G., & Zamora Villalobos, N. (2025). Comprehensive tree assessments for prioritising conservation action in Mesoamerica. *Plants People Planet*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.70045>
- Berendsohn W. G., Gruber A. K. & [tomos 1 & 2:] Monterrosa Salomón J. [t. 3:] Rodríguez Delcid D. & Olmedo Galán P. 2009, 2012, 2016: Nova Silva Cuscatlanica – Árboles nativos e introducidos de El Salvador. – Berlín: Jardín Botánico y Museo Botánico Berlín; Antiguo Cuscatlán: Jardín Botánico La Laguna. – Englera 29 (partes 1, 2 & 3). <https://portal.cybertaxonomy.org/salvador/inicio>
- Bonilla-Moheno, M., Aide, T. M., & Clark, M. L. (2012). The influence of socioeconomic, environmental, and demographic factors on municipality-scale land-cover change in Mexico. *Regional Environmental Change*, 12(3), 543–557. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0268-z>

- Challenger, A. (1998). La zona ecológica tropical subhúmeda (selva subhúmeda). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)*, 375–433.
- Chazdon, R. L., Letcher, S. G., Van Breugel, M., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., & Finegan, B. (2007). Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. En *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 362, Número 1478, pp. 273–289). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1990>
- Colditz, R. R., Llamas, R. M., & Ressler, R. A. (2015). Land cover change analysis in Mexico using 30m Landsat and 250m MODIS data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(7W3), 367–374. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-367-2015>
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Cuéllar, N., Méndez, N., Larios, S., Dimas, L., & Rosa, H. (2003). Tendencias y perspectivas del sector forestal en El Salvador del siglo XXI. En *Unpublished results*. https://prismaregional.org/wp-content/uploads/2020/03/tendencias_y_perspectivas_del_sector_forestales_ESV.pdf
- Cuellar-Cardozo, J. A., Nossa-Silva, D., & Vallejo, M. I. (2022). Diversidad y estructura florística en zonas riparias de un remanente de bosque seco tropical. *Colombia forestal*, 25(2), 70–84. <https://doi.org/10.14483/2256201X.19029>
- Díaz-Gallegos, J. R., Mas, J.-F., & Velázquez, A. (2010). Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31(2), 180–196. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00396.x>
- Escandón-Calderón, J., Ordóñez Díaz, J. A. B., Nieto de Pascual Pola, C. D. C., & Ordóñez Díaz, M. D. J. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.135>
- Flamenco-Sandoval, A., Martínez Ramos, M., & Masera, O. R. (2007). Assessing implications of land-use and land-cover change dynamics for conservation of a highly diverse tropical rain forest. *Biological Conservation*, 138(1–2), 131–145. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.022>
- Flores, J. S. (1980). Tipos de vegetación de El Salvador y su estado actual: Un Estudio Ecológico. *Editorial Universitaria. San Salvador, El Salvador*, 273.
- Gómez, J. L., López, D., & Sánchez, J. A. (2018). Habitat and population structure of the endangered tree *Vachellia belairioides* (Fabaceae): implications for its conservation. *Acta Botánica Cubana*, 217(1), 75–84.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., Melbourne, B. A., Nicholls, A. O., Orrock, J. L., Song, D. X., & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Herrador Valencia, D., Boada i Juncà, M., Varga Linde, D., & Mendizábal Riera Enric, E. (2011). Tropical forest recovery and socio-economic change in El Salvador: An opportunity for the introduction of new approaches to biodiversity protection. *Applied Geography*, 31(1), 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.05.012>

- Houghton, R. A. (2012). Carbon emissions and the drivers of deforestation and forest degradation in the tropics. En *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 4, Número 6, pp. 597–603). <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.006>
- Janzen, D. (1988). *Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem*. <https://www.researchgate.net/publication/303444053>
- Kennard, D. K. (2002). Secondary forest succession in a tropical dry forest: Patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*, 18(1), 53–66. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002031>
- Lebrija-Trejos, E., Bongers, F., Pérez-García, E. A., & Meave, J. A. (2008). Successional change and resilience of a very dry tropical deciduous forest following shifting agriculture. *Biotropica*, 40(4), 422–431. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00398.x>
- Llano, X. (2024). *SMBYc-IDEAM. AcATaMa - QGIS plugin for Accuracy Assessment of Thematic Maps* (v24.12c). <https://github.com/SMBYc/AcATaMa>
- Maass, J. M. (1995). Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. *Seasonally dry tropical forests*, 399–422.
- Manojkumar, S., Behera, L. K., Mehta, A. A., Nayak, D., & Patel, S. M. (2023). Community structure of lesser known tree species, *Dalbergia lanceolaria* L. f., in tropical deciduous forest. *Indian Journal of Ecology*, 50, 1348–1352. <https://doi.org/10.55362/ije/2023/4059>
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., & Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491–505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s/f). *Perfil climatológico de Puente (V-9). Estación meteorológica de San Vicente*. Recuperado el 1 de agosto de 2024, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.snet.gob.sv/meteorologia/Perfiles.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). *Mapa de los ecosistemas de El Salvador*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Inventario nacional del bosque de El Salvador. <https://www.ambiente.gob.sv/servicios/inventarionacionalbosques/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extinción. En *Diario Oficial*.
- Morales-Barquero, L., Borrego, A., Skutsch, M., Kleinn, C., & Healey, J. R. (2014). Identification and quantification of drivers of forest degradation in tropical dry forests: A case study in Western Mexico. *Land Use Policy*, 49, 296–309. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.07.006>
- Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1995). Dry forests of Central America and the Caribbean. *Seasonally dry tropical forests*, 85, 9–34.
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Olson, D. M., & Dinerstein, E. (1998). The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Most Biologically Valuable Ecoregions. En *Biology* (Vol. 12, Número 3).
- Ortega-Baranda, V., Sánchez-Bernal, E. I., Sánchez-Aragón, L., Luis-Reyna, M. D. L. Á., & Ruvalcaba-Gómez, G. (2020). Vegetación arbórea de selvas bajas caducifolias en suelos litosoles

- y regosoles eutricos degradados. *Terra Latinoamericana*, **38**(2), 377–390. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V38I2.611>
- Pennington, R. T., Lavin, M., & Oliveira-Filho, A. (2009). Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: Perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **40**, 437–457. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327>
- Redo, D. J., Grau, H. R., Aide, T. M., & Clark, M. L. (2012). Asymmetric forest transition driven by the interaction of socioeconomic development and environmental heterogeneity in Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **109**(23), 8839–8844. <https://doi.org/10.1073/pnas.1201664109>
- Rico, M. A. (1974). *Las nuevas clasificaciones y los suelos de El Salvador*. Editorial Universitaria. <https://books.google.com.mx/books?id=wy4sywEACAAJ>
- Rösch, V., Tschardtke, T., Scherber, C., & Batáry, P. (2015). Biodiversity conservation across taxa and landscapes requires many small as well as single large habitat fragments. *Oecologia*, **179**(1), 209–222. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3315-5>
- Rosete-Vergés, F. A., Luis Pérez-Damián, J., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E. N., Salinas-Chávez, E., & Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, **20**(1), 21–35.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., & Portillo-Quintero, C. (2011). Extent and Drivers of Change of Neotropical Seasonally Dry Tropical Forests. En *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp. 45–57). Island Press/Center for Resource Economics. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_3
- Sesnie, S. E., Gessler, P. E., Finegan, B., & Thessler, S. (2008). Integrating Landsat TM and SRTM-DEM derived variables with decision trees for habitat classification and change detection in complex neotropical environments. *Remote Sensing of Environment*, **112**(5), 2145–2159. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.08.025>
- Sierra-Soler, A., Adamowski, J., Qi, Z., Saadat, H., & Pingale, S. (2015). High accuracy Land Use Land Cover (LULC) maps for detecting agricultural drought effects in rainfed agro-ecosystems in central Mexico. *Journal of Water and Land Development*, **26**(1), 19–35. <https://doi.org/10.1515/jwld-2015-0014>
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, **10**(6), 989–1003. <https://doi.org/10.1080/01431168908903939>
- Trejo, I. (2010). Las selvas secas del Pacífico mexicano. *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*, 41–51.
- Vreugdenhil, D. (2003). *Protected areas system planning and monitoring*. Wageningen University and Research.
- Wu, J. (2013). Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape Ecology*, **28**(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9836-y>
- Zepeda Gómez, C., Nemiga, X. A., Lot Helgueras, A., & Madrigal Uribe, D. (2012). Análisis del cambio de uso de suelo en ciénega de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones Geográficas*, **2012**(78), 48–61. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112012000200005&script=sci_arttext

MATERIAL SUPLEMENTARIO

S1. Listado de estrato arbóreo identificado en el distrito de San Esteban Catarina, San Vicente, El Salvador.

Familia/Especie	Nombre común
Anacardiaceae	
<i>Mangifera indica</i> L.	mango
<i>Spondias mombin</i> L.	jocote jobo
Annonaceae	
<i>Annona holosericea</i> Saff.	chirimuya
<i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal	sincuya
<i>Annona reticulata</i> L.	anona colorada
<i>Sapranthus microcarpus</i> (Donn.Sm.) R.E.Fr.	
<i>Sapranthus violaceus</i> (Dual) Saff.	poshte
Apocynaceae	
<i>Plumeria rubra</i> L.	flor o flor de mayo
<i>Tabernaemontana glabra</i> Merr.	cojón de puerco
Araliaceae	
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	mano de león
Areaceae	
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	coyol
Bignoniaceae	
<i>Crescentia alata</i> Kunth	morro
<i>Crescentia cujete</i> L.	morro
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	maquilishuat
Bixaceae	
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	tecomasuche
Boraginaceae	
<i>Cordia guanacastensis</i> (Standl.) Gottschling & J.S.Mill.	
Burseraceae	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	jiote
Cecropiaceae	
<i>Cecropia peltata</i> L.	guarumo
Celastraceae	
<i>Semialarium mexicanum</i> (Miers) Mennega	

Chrysobalanaceae

Licania arborea Seem.

roble de bajillo

Clusiaceae

Calophyllum brasiliense Cambess.

barillo

Cordiaceae

Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken

laurel

Cordia dentata Poir.

tigüilote

Cordia guanacastensis (Standl.) Gottschling & J.S.Mill.

Dilleniaceae

Curatella americana L.

chaparro

Euphorbiaceae

Jatropha curcas L.

tempate

Sapium macrocarpum Müll.Arg.

chilamate

Ebenaceae

Diospyros salicifolia Humb. & Bonpl. ex Willd.

Fabaceae

Acacia cornigera (L.) Willd.

izcanal

Acacia guanacastensis (Britton & Rose) Standl.

Acacia hindsii Beth.

izcanal

Acacia centralis (Britton & Rose) Lundell

Acacia villosa (Sw.) Willd.

Acosmium panamense (Benth.) Yakovlev

chichipate

Andira inermis (W.Wright) DC.

almendro de río

Albizia niopiodes (Spruce ex Benth.) Burkart

polvo de queso

Bauhinia pauletia Pers.

pata de cabra

Cassia grandis L.f.

carago

Diphysa americana (Mill.) M.Sousa

guachipilín

Dalbergia calderonii Standl.

funero

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb

conacaste

Erythrina berteroana Urb.

pito

Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp.

madrecacao

Hymenaea courbaril L.

copinol

Inga spuria Humb. & Bonpl. ex Willd.

pepeto

Inga vera Willd.

pepeto de río

Lonchocarpus phaseolifolius Benth.

Palo de zope

Lonchocarpus rugosus Benth.

Chaperno

<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	quebracho
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	mangollano
<i>Poeppigia procera</i> C.Presl	tepemiste
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms	carreto, zorra
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	carreto, zorra
Malpighiaceae	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	nance
Malvaceae	
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	peine de mico
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	ceiba
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	cabo de hacha
Melastomataceae	
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D.Don	cirin
<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	cirin
Meliaceae	
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro
<i>Guarea glabra</i> Vahl	
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	caoba
<i>Trichilia martiana</i> C.DC.	
Moraceae	
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	palo de pan
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	ojushte
<i>Ficus</i> sp.	amate
Myrtaceae	
<i>Eugenia salamensis</i> Donn.Sm.	uacoco
<i>Psidium guajaba</i> L.	guayaba
Phyllanthaceae	
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	
Rhamnaceae	
<i>Karwinskia calderonii</i> Standl.	güiligüiste
Rubiaceae	
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	quina
<i>Genipa americana</i> L.	irayol
Salicaceae	
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	

Sapindaceae

Allophylus racemosus Sw.

Cupania guatemalensis (Turcz.) Radlk.

Sapotaceae

tempisque

Sideroxylon capiri (A.DC.) Pittier

Simaroubaceae

aceituno

Simarouba glauca DC.

Sterculiaceae

caulote

Guazuma ulmifolia Lam.

Tiliaceae

capulín

Muntingia calabura L.

Verbenaceae

Rehdera trinervis (S.F.Blake) Moldenke

S2. Listado de los arbustos, herbáceas, trepadoras y epífitas identificadas en el distrito de San Esteban Catarina, San Vicente, El Salvador.

Familia/especie	Forma de vida	Nombre común
Apocynaceae		
<i>Asclepias curassavica</i> L.	herbácea	
Araceae		
<i>Monstera siltepecana</i> Matuda	trepadora	
Araceae		
<i>Philodendron scandens</i> K.Koch & H.Sello	trepadora	
Arecaceae		
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	palmera	coyol
Arecaceae		
<i>Bactris major</i> Jacq.	palmera	huiscoyol
Aristolochiaceae		
<i>Aristolochia maxima</i> Jacq.	trepadora	
Asteraceae		
<i>Lasiantha fruticosa</i> (L.) K.M. Becker	herbácea	
<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.	herbácea	
<i>Sclerocarpus divaricatus</i> (Benth.) Hemsl.	herbácea	
<i>Verbesina guatemalensis</i> B.L.Rob.	herbácea	tabaquillo

<i>Verbesina</i> sp.	herbácea	
Bromeliaceae		
<i>Tillandsia caput-medusae</i> E.Morren	epífita	
Cactaceae		
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	trepadora	
Celastraceae		
<i>Semialarium mexicanum</i> (Miers) Mennega	arbusto	
Euphorbiaceae		
<i>Cnidocolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst.	arbusto	chichicaste
<i>Ricinus communis</i> L.	arbusto	higuera
Fabaceae		
<i>Bauhinia pauletia</i> Pers.	arbusto	zarza de cabra
<i>Clitoria falcata</i> Lam.	herbácea	
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	arbusto	
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	arbusto	
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	arbusto	
<i>Senna</i> sp.	arbusto	frijolillo
<i>Vachelia</i> sp.	arbusto	carbón
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	arbusto	espino blanco
Gesneriaceae		
<i>Achimenes longiflora</i> DC.	herbácea	
Martyniaceae		
<i>Martynia annua</i> L.	herbácea	
Myrtaceae		
<i>Eugenia salamensis</i> Donn. Sm.	arbusto	
Orchidaceae		
<i>Clowesia russeliana</i> (Hook.) Dodson	epífita	
<i>Encyclia</i> sp.	epífita	
Piperaceae		
<i>Piper umbellatum</i> L.	arbusto	
<i>Piper aduncum</i> L.	arbusto	
Rubiaceae		
<i>Psychotria microdon</i> (DC.) Urb.	arbusto	
Salicaceae		
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	arbusto	

Solanaceae

<i>Physalis angulata</i> L.	herbácea
<i>Solanum myriacanthum</i> Dunal	arbusto
<i>Solanum torvum</i> Sw.	arbusto

Urticaceae

<i>Urera</i> sp.	arbusto
------------------	---------

Verbenaceae

<i>Cornutia pyramidata</i> L.	arbusto
-------------------------------	---------
