

DIVERSIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS EN EL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO Y SUBCADUCIFOLIO DE SIERRA DE VALLEJO, NAYARIT, MÉXICO

WOODY PLANT DIVERSITY IN DECIDUOUS AND SEMI-DECIDUOUS TROPICAL FOREST OF SIERRA DE VALLEJO, NAYARIT, MÉXICO

AMAIRANY Y. ÁNGELES-GARCÍA¹, JOANNA J. SUÁREZ-TORRES^{1,2}, PABLO CARRILLO-REYES^{3,4},
 KAREN E. PEÑA-JOYA¹ Y SANDRA QUIJAS^{1*}

¹ Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Jalisco.

² Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco.

³ Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco.

⁴ Herbario Luz María Villarreal de Puga (IBUG), Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México

*Autor de correspondencia: sandra.quijas@academico.udg.mx

Resumen

Antecedentes: Los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios se distinguen por su diversidad florística, su notable concentración de especies endémicas, alto recambio y baja similitud de especies.

Preguntas: ¿Cuál es la diversidad alfa y beta de las especies de plantas leñosas del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio en Sierra de Vallejo?

Sitio y período de estudio: Sierra de Vallejo forma parte del Área de Protección de Recursos Naturales, Sierra de Vallejo-Río Ameca, Nayarit-Jalisco; agosto 2017 a mayo 2018.

Métodos: Se establecieron 15 transectos de 0.1 ha, identificando a cada planta leñosa con diámetro a la altura del pecho (DAP = 1.30 m) \geq 3 cm. La diversidad alfa se analizó considerando la diversidad verdadera basada en el número efectivo de especies y curvas de rango abundancia. La diversidad beta se analizó con similitud, recambio y anidamiento.

Resultados: Se registraron 1,556 individuos, pertenecientes a 45 familias, 99 géneros y 126 especies; 22 especies son endémicas a México, una endémica a la región, 84 nativas y cuatro exóticas. Los sitios se caracterizaron por presentar una baja riqueza de especies observadas (13-37 especies), alta variación en la abundancia (44-229 individuos), una baja diversidad verdadera (q_0 , 18-49 especies), alto recambio (91-96 %), bajo anidamiento (0.9-1 %) y baja similitud (8 %).

Conclusiones: Los valores de diversidad florística muestran la importancia de preservar la mayor cantidad de áreas con bosque tropical dentro de Sierra de Vallejo, reforzando las estrategias de conservación y manejo del bosque dentro de esta Área Natural Protegida de Recursos Naturales.

Palabras clave: anidamiento, diversidad verdadera, índice de disimilitud de Jaccard, número efectivo de especies, recambio, similitud.

Abstract

Background: Deciduous and sub-deciduous tropical forests are distinguished by their floristic diversity, their remarkable concentration of endemic species, high turnover, and low species similarity.

Questions: What is the alpha and beta diversity of the woody plant species of the deciduous and sub-deciduous tropical forest in Sierra de Vallejo?

Study site and dates: Sierra de Vallejo, which is part of the Natural Resources Protection Area, Sierra de Vallejo-Río Ameca, Nayarit-Jalisco; August 2017 to May 2018.

Methods: 15 transects (0.1 ha) were established, identifying each woody plant with diameter at the breast height (DBH) \geq 3 cm. Alpha diversity was analyzed considering true diversity based on the effective number of species and abundance range curves. Beta diversity was analyzed with similarity, turnover and nestedness.

Results: We counted 1,556 individuals belonging to 45 families, 99 genera, and 126 species, 22 species endemic to Mexico, one species endemic to the region, 84 native and four exotics. Sites were characterized by low observed species richness (13-37 species), high variation in abundance (44-229 individuals), low true diversity (q_0 , 18-49 species), high turnover (91-96 %), low nestedness (0.9-1 %) and low similarity (8 %).

Conclusions: The floristic diversity values show the importance of preserving the greatest number of areas with tropical forest in Sierra de Vallejo, reinforcing the conservation and management strategies of this type of forest within this Natural Protected Area of Natural Resources.

Keywords: effective number of species, Jaccard dissimilarity index, nestedness, similarity, true diversity, turnover.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Los bosques tropicales en México abarcaban aproximadamente el 27 % del territorio nacional, de los cuales alrededor del 50 % correspondían a bosques tropicales caducifolios (BTC) y 11 % a bosques tropicales subcaducifolios (BTSC; Rzedowski 1991). Actualmente, el BTC y BTSC sólo representan el 16 %, principalmente como bosques tropicales en sucesión o secundarios (Challenger & Soberón 2008). Los BTC y BTSC son comunidades vegetales formadas en su mayoría por especies tropicales que se restringen principalmente a cerros o laderas con suelos someros, aunque suelen presentarse especies de afinidad xérica en suelos más profundos (Rzedowski 1978, Lott & Atkinson 2010) y especies de afinidad mélica en cañadas y arroyos (Trejo 2010). Las comunidades en su mayoría se caracterizan por la pérdida de hojas durante la estación seca, aun cuando hay especies dentro de estos bosques que se mantienen siempre verdes (*e.g.*, *Pithecellobium dulce*; Rzedowski 1978). Algunas especies pierden sus hojas por solo unas semanas y al final de la estación seca (*e.g.*, *Lonchocarpus* sp; Arreola-Villa 2012) y otras especies que tienen fenología invertida, es decir, producen sus hojas en la estación seca (*e.g.*, *Coccoloba liebmanni*; Arreola-Villa 2012). Los BTC y BTSC se distribuyen principalmente en suelos delgados y pedregosos con buen drenaje en laderas de colinas en elevaciones de 0 a casi 2,300 m (Rzedowski 1978, Rzedowski & Calderón de Rzedowski 2013). Se estima que este tipo de bosques cuenta con un poco más de 11,000 especies vegetales (Challenger & Soberón 2008) de las 23,500 especies que se encuentran en México (Villaseñor 2016). El 73 % de las especies en el BTC y BTSC son endémicas al país (Banda-R *et al.* 2016), con un 25 % a nivel de géneros y 45 % a nivel de especies (Rzedowski 1998, Challenger & Soberón 2008).

En los últimos 25 años, se ha generado información sobre los tres elementos básicos de la diversidad, es decir, la riqueza, la abundancia y la composición de los BTC y BTSC de México. A pesar de las variaciones en los diseños de muestreo y los análisis de diversidad utilizados, el número de especies ha sido la medida básica, intuitiva y directa de la diversidad en varios de los estudios (*e.g.*, Trejo & Dirzo 2002, Pineda-García *et al.* 2007, Méndez-Toribio *et al.* 2014), mientras que la distribución de la abundancia de las especies ha sido destacada en otros (*e.g.*, Trejo 1998, Pineda-García *et al.* 2007, Dzib-Castillo *et al.* 2014, Méndez-Toribio *et al.* 2014, Mesa-Sierra *et al.* 2020). Algunos estudios han estimado índices de entropía para explicar los patrones de diversidad alfa (*e.g.*, Dzib-Castillo *et al.* 2014, Méndez-Toribio *et al.* 2014). La diversidad alfa de una comunidad se define como el número total de especies y la distribución de sus abundancias a nivel local, es decir, dentro de un sitio determinado (Whittaker *et al.* 2001, Magurran 2004, Cultid-Medina & Escobar 2019). En general, los BTC y BTSC de México presentan una alta diversidad alfa, es decir, un elevado número de especies que destacan por representar una gran variedad de géneros y de especies endémicas, los cuales han sido explicados por procesos locales de diversificación, especialización fenológica y una amplia gama de condiciones ambientales derivadas de la altitud, la litología, la exposición, la pendiente y la topografía (Balvanera *et al.* 2002, Trejo & Dirzo 2002, Durán *et al.* 2006, Lott & Atkinson 2010). Recientemente, se ha hecho énfasis sobre el efecto negativo del disturbio sobre la diversidad alfa; por ejemplo, las actividades pastoriles, como el pastoreo libre del ganado vacuno, disminuye la presencia y abundancia de plántulas de las especies vegetales. El aprovechamiento de la madera reduce la presencia y abundancia de los individuos de mayores diámetros y alturas, mientras que las plantaciones o cultivos frutales (*e.g.*, mango, sandía, pepino y maíz) han provocado la remoción de la vegetación natural con la consecuente pérdida de especies a nivel local (Lebrija-Trejos *et al.* 2010, Martínez-Cruz *et al.* 2013, Cervantes-Gutiérrez *et al.* 2017).

Actualmente, la diversidad alfa de una comunidad suele evaluarse con índices que consideran el número total de especies en combinación con la distribución de sus abundancias (Cultid-Medina & Escobar 2019). Esta diversidad suele evaluarse con índices basados en entropía, como el índice Shannon, índice de Margalef, entre otros; sin embargo, estos índices no ofrecen una descripción intuitiva de la diversidad de la comunidad debido a que sus unidades no pueden ser interpretadas de forma directa en términos biológicos o ecológicos (Cultid-Medina & Escobar 2019). Por tal motivo, se ha propuesto caracterizar y comparar la diversidad a partir de la serie de Hill (Hill 1973) o los índices de diversidad de orden q (qD ; Jost 2006), debido a que estos índices comparan la diversidad en número efectivo de especies, lo que resulta en medidas más intuitivas para evaluar las comunidades biológicas (Moreno *et al.* 2011). Además, estos índices mantienen propiedades matemáticas que permiten reconocer las diferencias de magnitud entre comunidades. Entre las propiedades más importantes se destaca la propiedad de duplicación (Hill 1973,

Jost 2006, Moreno *et al.* 2011) o también llamada principio de replicación (Jost 2007, Moreno *et al.* 2011), la cual hace referencia a que la suma de dos comunidades con el mismo número de especies, igual abundancia y sin especies compartidas será exactamente el doble de cada comunidad inicial (Chao & Jost 2012, Cultid-Medina & Escobar 2019). Por lo tanto, estos índices detectan de forma explícita cualquier diferencia o cambio en la diversidad de las comunidades, mientras que los índices clásicos basados en entropía no lo hacen, debido a que no cumplen con esta propiedad (Moreno *et al.* 2011).

Por otra parte, la diversidad beta se ha estudiado en los BTC y BTSC de México usando distintos métodos e índices. La diversidad beta es entendida como el recambio direccional en la composición de especies a lo largo de un gradiente ambiental, espacial o temporal (Whittaker 1975, Anderson *et al.* 2011) o como la variación no direccional en la composición de especies dentro de un área geográfica de interés (Legendre *et al.* 2005, Anderson *et al.* 2011). El análisis de los datos provenientes de 20 localidades de BTC en México mostró que el recambio de especies a lo largo del territorio es muy alto, es decir, que de las 917 especies, cerca de 72 % sólo se encontraron en un sitio, con una muy baja similitud florística entre estas áreas (Trejo & Dirzo 2002). Los patrones de diversidad beta en BTC y BTSC están explicados tanto por la heterogeneidad ambiental (como disponibilidad de agua, pendiente y exposición) como por la estructura espacial inherente, lo que promueve diferentes microhábitats que generan respuestas diferenciales en las especies (Balvanera *et al.* 2002, Trejo & Dirzo 2002, Gallardo-Cruz *et al.* 2010, Hernández-Stefanoni *et al.* 2012, López-Martínez *et al.* 2012). Actualmente, se ha hecho evidente que factores como las actividades pastoriles, el aprovechamiento de madera, el establecimiento de plantaciones o cultivos, la edad sucesional, la fragmentación y las propiedades del suelo pueden también influir en los patrones de diversidad beta en estos bosques (Lebrija-Trejos *et al.* 2010, López-Martínez *et al.* 2013, Cervantes-Gutiérrez *et al.* 2017). Estos factores modifican el ambiente local y disponibilidad de recursos, creando así oportunidades para el establecimiento de nuevas especies y reduciendo las poblaciones de las que ya están establecidas.

La diversidad beta suele evaluarse con índices tradicionales de disimilitud basados en el número de especies compartidas y el número de especies exclusivas a cada sitio (Koleff *et al.* 2003, Calderón-Patrón *et al.* 2012, Calderón-Patrón & Moreno 2019). Sin embargo, se ha propuesto la necesidad de dividir la disimilitud en dos componentes aditivos: la disimilitud derivada del recambio (reemplazo) de especies y la disimilitud derivada de las diferencias en el número de especies (anidamiento) entre los sitios (Baselga 2010, 2012). El enfoque de partición de la diversidad beta ayuda a entender los patrones de diversidad a partir de los mecanismos que la originan. El recambio (β_{sim}) se genera por la sustitución de algunas especies por otras, como consecuencia de restricciones ambientales, espaciales o históricas. El anidamiento (β_{sne}), conlleva a que el sitio más pobre en riqueza sea un subconjunto del sitio más rico, a causa de la pérdida (o ganancia) de especies en algunos de los sitios (Baselga 2010, 2012). La partición de la diversidad beta ha permitido detectar regiones con alto recambio de especies donde los índices tradicionales de disimilitud enmascaraban los efectos de las simples diferencias en riqueza entre sitios (Baselga 2012, Carvalho *et al.* 2012, 2013, Cardoso *et al.* 2015). Este nuevo enfoque de partición de la diversidad beta ha sido utilizado para la evaluación de la diversidad en paisajes modificados por humanos; Conradi *et al.* (2017) evaluaron cómo la ordenación ambiental, los procesos pasados y presentes regularon el recambio y anidamiento de las especies vegetales en pastizales; Alignier & Baudy (2016) determinaron los cambios en el recambio y el anidamiento de las comunidades vegetales en paisajes agrícolas, en diferentes periodos de tiempo y con distintas prácticas de manejo (pastoreo y fumigación con herbicidas); mientras que Heydari *et al.* (2017) evaluaron los efectos de gradientes de perturbación (severidad del fuego) sobre la diversidad alfa y beta (recambio y anidamiento).

A pesar de que Sierra de Vallejo y áreas circundantes presentan 10 tipos de ecosistemas terrestres, los cuales albergan 1,134 especies de plantas (CONANP 2012), el área no cuenta con estimaciones de diversidad alfa y beta. Los estudios se han enfocado en mostrar la composición de especies a partir de listados florísticos (Ramírez-Delgadillo & Cupul-Magaña 1999, Tejero-Diez *et al.* 2008, Gómez-Flores 2011) y la estructura de las comunidades vegetales de la zona costera (Bravo-Bolaños *et al.* 2013, 2016). Ante tal situación, el objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad florística local y regional del BTC y BTSC de Sierra de Vallejo, Nayarit. La diversidad alfa o local se evaluó en términos de riqueza de especies y número efectivo de especies leñosas; mientras que la diversidad beta o

regional se analizó en términos de similitud, recambio y anidamiento de las especies leñosas. Con base en el objetivo del estudio se propusieron cuatro predicciones. Primero, se espera que el número de especies por sitio de estudio se encuentre entre las 42 a 103 especies, riqueza específica reportada en los BTC de Jesús María, Nayarit (Trejo & Dirzo 2002) y Chamela, Jalisco (Lott *et al.* 1987), respectivamente. En segundo lugar, se espera que todos los sitios sean bastante homogéneos en cuanto al número efectivo de especies comunes. En tercer lugar, se espera que todos los sitios tengan un bajo número efectivo de especies dominantes. Las predicciones sobre la diversidad alfa se basan en la amplia heterogeneidad ambiental que caracteriza a los BTC y BTSC, lo que genera respuestas de las especies a variaciones sutiles pero continuas en el ambiente físico (Whittaker 1975, Balvanera *et al.* 2002, Trejo & Dirzo 2002, Gallardo-Cruz *et al.* 2009, Lott & Atkinson 2010). Además, en Sierra de Vallejo se han reportado actividades agropastoriles intensivas que afectan la riqueza de las especies y favorecen la presencia de especies leñosas dominantes (CONANP 2012). A partir del estudio de Suárez-Torres (2020), estas actividades se han podido catalogar como eventos de perturbación o disturbio crónico en algunas áreas dentro del polígono de estudio. Finalmente, se espera que la diversidad beta total esté explicada principalmente por el recambio o reemplazo de especies entre sitios, con una baja similitud en su composición florística. Esta predicción está basada en la heterogeneidad de condiciones (Balvanera *et al.* 2002, Trejo & Dirzo 2002, Gallardo-Cruz *et al.* 2010) y la estructura espacial inherente que caracteriza a estos bosques (Hernández-Stefanoni *et al.* 2012, López-Martínez *et al.* 2012), lo que promueve diferentes microhábitats que generan respuestas diferenciales en las especies. En este contexto, estudios que consideren los nuevos enfoques de índices de diversidad verdadera y partición de la diversidad beta pueden mejorar la comparación de los valores de diversidad a diferentes escalas espaciales y temporales, sin incurrir en los sesgos presentes en los índices tradicionales que se han usado para cuantificar la diversidad alfa y beta (Baselga 2010). Se espera que la información generada en este estudio sirva como referencia para conocer el estado actual de la diversidad local y regional del BTC y BTSC en Sierra de Vallejo, área de estudio que forma parte de la propuesta a declaratoria como Área Natural Protegida de Recursos Naturales Sierra de Vallejo-Río Ameca.

Materiales y métodos

Área de estudio. Los sitios con BTC y BTSC estudiados se localizan en Sierra de Vallejo (Figura 1). La Sierra se encuentra en los municipios de Compostela y Bahía de Banderas en la zona sur del estado de Nayarit (INEGI 2019), localizada en la provincia biogeográfica Costa Pacífica Mexicana (Morrone 2019). El área de estudio comprende una superficie de 1,018.5 km² y se encuentra entre las coordenadas extremas 20 ° 08'-21 ° 08' latitud N y 104 ° 97'-105 ° 17' longitud O, como parte del Área de Protección de Recursos Naturales Sierra de Vallejo-Río Ameca (CONANP 2012).

Dentro de Sierra de Vallejo, la agricultura y la ganadería son las principales actividades antrópicas que tienen efectos negativos sobre la diversidad de los BTC y BTSC (Gómez-Mora *et al.* 2005, Suárez-Torres 2020). Las tierras agrícolas cubren el 10.3 % del área de estudio, en las cuales se suele cultivar principalmente maíz, chile, frijol, sandía y yaca (González *et al.* 2014, Suárez-Torres 2020). Asociado a esto, el uso de agroquímicos modifica la calidad de los suelos a largo plazo (Nava-Cruz 2006). La ganadería comprende principalmente el pastoreo libre del ganado vacuno; solo en el 2 % del área de estudio se desmonta el bosque para el cultivo de pastizales con importancia forrajera (Suárez-Torres 2020). En algunas zonas de la parte media y alta de Sierra de Vallejo se realiza la extracción de maderas para su uso local, como amapa (*Handroanthus chrysanthus*), capomo (*Brosimum alicastrum*), huanacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*), higuera (*Ficus* sp.) y papelillo (*Bursera simaruba*; González *et al.* 2014).

Muestreo de vegetación. Para el estudio se eligieron 15 sitios dentro del BTC y BTSC presente en Sierra de Vallejo (Tabla 1). Los criterios para seleccionar los sitios fueron: i) una distancia mínima de 3 km entre sitios seleccionados, ii) sitios solo con vegetación de BTC y BTSC, descartando sitios que presentaron vegetación secundaria o de sucesión, y iii) sitios de fácil acceso. En cada sitio se estableció un transecto de 20 × 50 m (0.1 ha), en el cual se registró cada planta leñosa con un diámetro a la altura del pecho (a 1.30 m, DAP) > 3 cm. En el caso de los individuos no identificados en campo, se tomaron fotografías digitales y se colectaron muestras para su posterior cotejo con los

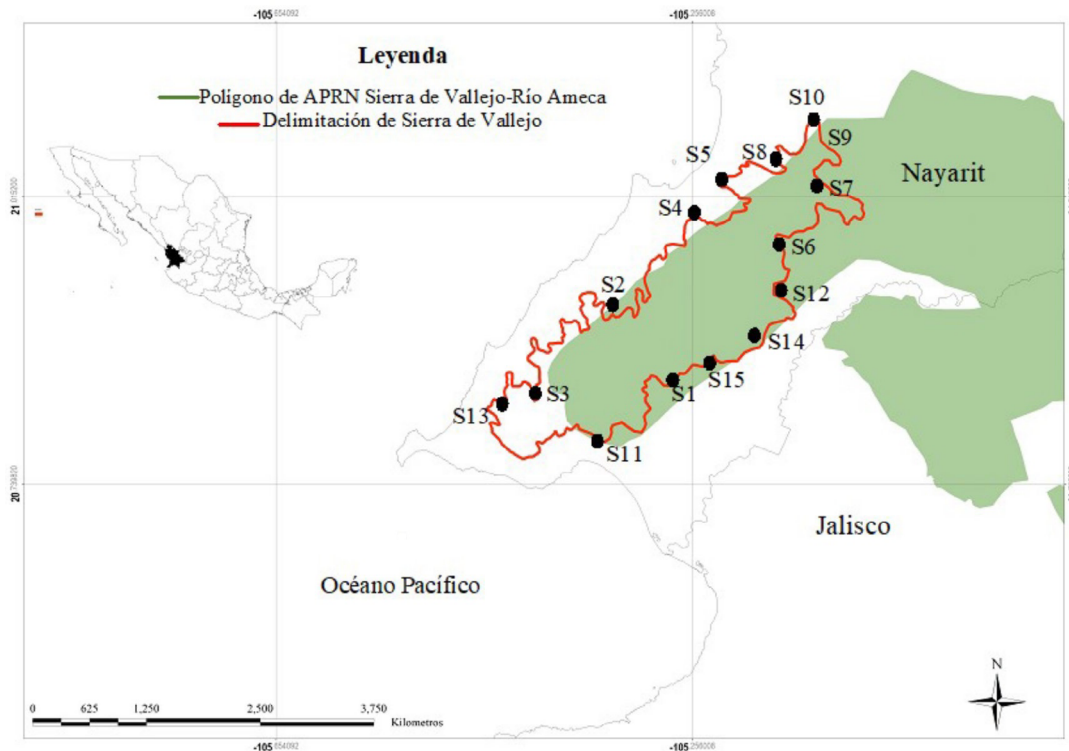


Figura 1. Área de estudio Sierra de Vallejo como parte del Área de Protección de Recursos Naturales, Sierra de Vallejo-Río Ameca.

ejemplares del Herbario Luz María Villarreal de Puga (IBUG) del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco.

La distribución geográfica de las especies identificadas se categorizó considerando a Villaseñor (2016) y la base de datos digital Naturalista (www.naturalista.mx), considerando las siguientes categorías:

Endémica de la región.- son aquellas especies que están restringidas a una región (para este estudio los estados de Jalisco-Nayarit) y por lo tanto no se pueden encontrar en algún otro sitio.

Endémica de México.- se refiere a aquellas especies que tienen un área de distribución bien identificada y restringida a un territorio (para este estudio fue México; Ramírez-Marcial *et al.* 2003).

Nativa de México.- son aquellas que crecen de forma natural en una región, sin la intervención ni la ayuda del hombre. Se desarrollan de forma silvestre y solo se encuentran en determinados sitios (incluye aquellas especies cuya distribución geográfica abarca Norteamérica, Mesoamérica o Sudamérica; Ramírez-Marcial *et al.* 2003).

Exótica.- son aquellas que no tienen su origen dentro de la región donde actualmente se encuentran y su presencia se debe a que fueron traídas directamente por el hombre o que han llegado por dispersión de otro sitio de manera accidental (incluye aquellas que su origen y distribución geográfica es Europa, Asia, África, Oceanía y Sudamérica; Ramírez-Marcial *et al.* 2003).

Diversidad alfa. La diversidad local se estimó en número efectivo de especies, es decir, q^0 , q^1 y q^2 que son las unidades de medición de la diversidad verdadera (Jost 2006). En estos índices, el orden de diversidad cero (q^0) representa la diversidad de especies sin considerar la abundancia; el orden q^1 es el número efectivo de especies considerando las abundancias observadas; y el orden q^2 es el número efectivo de especies tomando en cuenta solo las especies con la mayor abundancia. La diversidad de los tres órdenes se estimó a una misma completitud de inventario (SC = 80 %; Chao & Jost 2012). La completitud del inventario tiene valores entre 0-100 expresado en porcentaje, el cual mide la proporción del número total de individuos en la comunidad que pertenecen a las especies representadas en

Tabla 1. Características geográficas y tipos de vegetación de los 15 sitios censados en Sierra de Vallejo, Nayarit. BTC = bosque tropical caducifolio y BTSC = bosque tropical subcaducifolio.

Clave del sitio	Población más cercana al sitio	Municipio	Localización geográfica	Altitud (m snm)	Tipo de vegetación
S1	Valle de Banderas	Bahía de Banderas	20 ° 49' 53.78" N; 105 ° 14' 48.67" O	108	BTSC
S2	Úrsulo Galván	Compostela	20 ° 55' 3.56" N; 105 ° 19' 43.92" O	74	BTSC
S3	El Guamúchil	Bahía de Banderas	20 ° 49' 27.94" N; 105 ° 22' 50.29" O	394	BTSC
S4	La Peñita de Jaltemba	Compostela	20° 59' 56.50" N; 105° 15' 45.58" O	95	BTC
S5	La Peñita de Jaltemba	Compostela	21° 3' 23.17" N; 105° 13' 6.57" O	85	BTSC
S6	Las Cañadas	Compostela	20° 59' 34.35" N; 105° 7' 55.63" O	320	BTSC
S7	Cardoncillos	Compostela	21° 1' 30.90" N; 105° 8' 48.02" O	386	BTSC
S8	Altavista	Compostela	21° 4' 2.82" N; 105° 9' 59.77" O	169	BTSC
S9	Altavista	Compostela	21° 4' 22.37" N; 105° 8' 48.01" O	295	BTSC
S10	Altavista	Compostela	21° 6' 7.30" N; 105° 8' 37.81" O	419	BTSC
S11	Valle de Banderas	Bahía de Banderas	20° 47' 18.40" N; 105° 17' 54.89" O	101	BTC
S12	Fortuna de Vallejo	Bahía de Banderas	20° 55' 48" N; 105° 07' 53" O	142	BTSC
S13	San Quintín	Bahía de Banderas	20° 48' 55.64" N; 105° 24' 44.03" O	251	BTC
S14	El Colomo	Bahía de Banderas	20° 53' 3.48" N; 105° 9' 3.36" O	95	BTSC
S15	El Colomo	Bahía de Banderas	20° 51' 46.56" N; 105° 11' 1.50" O	92	BTSC

la muestra (Chao & Jost 2012). Para determinar si existían diferencias entre los sitios para los tres órdenes de diversidad, se realizó un análisis de varianza paramétrico considerando los intervalos de confianza del 95 %, los cuales se construyeron con base en rutinas de interpolación y extrapolación con 100 aleatorizaciones, estandarizando a un mismo número de individuos (300 individuos) en el programa en línea iNEXT (Hsieh *et al.* 2016; chao.shinyapps.io/iNEXTOnline). En caso de encontrar diferencias significativas, se aplicó una prueba de rangos múltiples por pares de Tukey estandarizada (HSD) para identificar los sitios donde se presentan las diferencias. Los análisis se realizaron en PAST 4.02 (Hammer *et al.* 2001) y JMP 8.0 (SAS 2008).

Curvas rango-abundancia. Para visualizar los patrones de la riqueza, la estructura y la composición de las especies leñosas en los sitios se realizaron curvas de rango-abundancia, utilizando las abundancias totales de cada especie ordenadas de mayor a menor (Magurran 2004).

Partición de la diversidad beta. La diversidad beta (regional) de las especies leñosas de Sierra de Vallejo se evaluó con base en la propuesta de Baselga (2010, 2012), donde la diversidad beta total (β) es particionada en sus componentes de recambio (β_{ju}) y anidamiento (β_{jne}). Esta propuesta define al recambio como la sustitución de algunas especies por otras como consecuencia de un arreglo espacial o ambiental. Mientras que el anidamiento ocurre cuando las especies de las comunidades con bajo número de especies, son un subconjunto de las especies de las comunidades con mayor riqueza de especies (Baselga 2007, 2010, 2012, Baselga *et al.* 2007). Para este análisis, se construyó una matriz de similitud con base en el índice de Jaccard, utilizando los datos de presencia y ausencia de las especies leñosas de cada uno de los sitios. Los análisis se realizaron en el programa R usando el programa *beta.pair* (Baselga & Orme 2012, R Core Team 2017). Para calcular el anidamiento y el recambio para el conjunto de todos los sitios se utilizó la función *beta.multi* y para calcularlos entre pares de sitios se usó la función *beta.pair* (Baselga & Orme 2012).

Diversidad beta-análisis de similitud. Para este análisis se utilizó el índice de Jaccard, el cual expresa el grado en el que dos sitios son semejantes por las especies presentes en ellas. El índice considera la incidencia de las especies en cada sitio y el resultado se puede visualizar como la proporción o porcentaje de especies compartidas (Pielou 1975, Magurran 2004). Para visualizar la similitud entre sitios se realizó un análisis de clúster, que se construyó con el método de agrupamiento de pares con la media aritmética no ponderada (UPGMA). Para establecer agrupaciones significativas se realizó la prueba de SIMPROF con base en 1,000 permutaciones con un $\alpha = 0.05$. Así mismo, para visualizar las relaciones de similitud de especies entre los sitios, se realizó un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) a partir de la matriz de similitud de Jaccard (Clarke & Gorley 2006). Los análisis de similitud y NMDS se realizaron en el programa PRIMER v6 + PERMANOVA® (Clarke & Gorley 2006, Anderson *et al.* 2008).

Resultados

Diversidad alfa. Se censaron un total de 1,556 individuos leñosos pertenecientes a 45 familias, 99 géneros, 126 especies y 46 morfoespecies, nueve de las morfoespecies se identificaron a nivel de familia ([Apéndice 1](#)). Las familias más abundantes fueron Fabaceae (21 especies) y Rubiaceae (15), mientras que 19 familias sólo contaron con una especie. *Bursera simaruba* fue la especie para la que se registró el mayor valor de importancia relativa (VI = 9.60 %) basado en su abundancia (111 individuos). Se registraron 22 especies endémicas a México, una especie endémica a la región de Jalisco-Nayarit, 84 nativas a México y cuatro exóticas. Por sitio, la riqueza específica varió de 13 a 37 especies y la abundancia de 44 a 229 individuos ([Tabla 2](#)).

A una cobertura de muestra del 80 %, los análisis entre sitios mostraron diferencias para el índice de diversidad de orden q^0 ($F_{14,30} = 14.38$, $P < 0.0001$). El sitio S4 presentó el valor más alto con respecto al resto de los sitios ($P \leq 0.05$, Tukey HSD), con un número efectivo de 27 ± 3 especies, mientras que el sitio S3 obtuvo siete especies siendo este el valor más bajo registrado ([Figura 2](#), [Tabla 2](#)). La diversidad de orden q^1 mostró diferencias entre sitios ($F_{14,30} = 9.46$, $P < 0.0001$). El S4 obtuvo 19 ± 3 especies que son consideradas efectivas, mientras que el sitio S9 obtuvo una

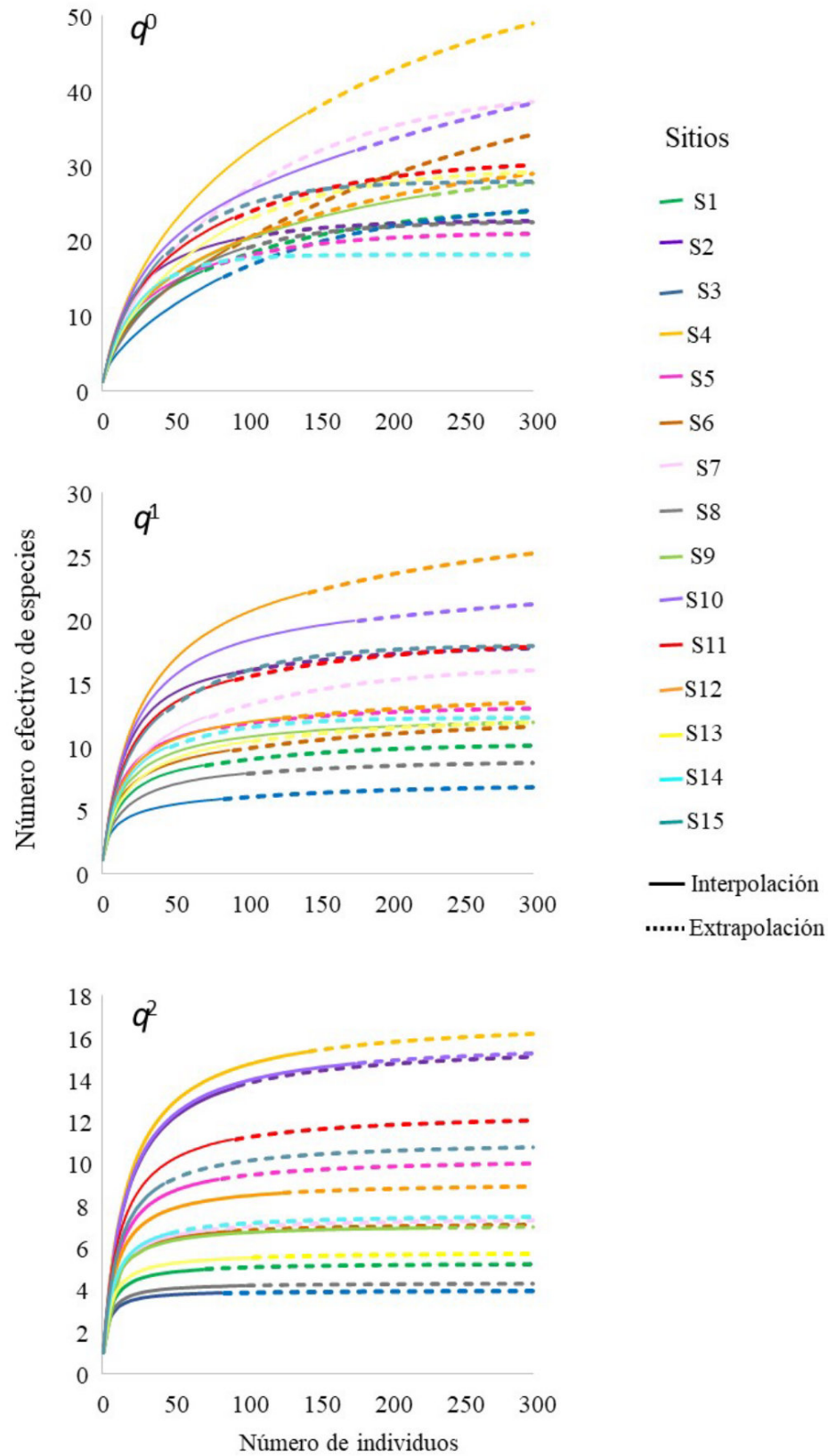


Figura 2. La diversidad verdadera o número efectivo de especies en los sitios de bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de Vallejo.

especie siendo este el valor más bajo registrado (Figura 2, Tabla 2). Para la diversidad de orden q^2 , los análisis entre sitios mostraron diferencias ($F_{14,30} = 7.54$, $P < 0.0001$), el sitio S4 presentó 14 ± 3 especies efectivas, mientras el valor más bajo registrado fueron los sitios S3 con solo tres especies efectivas (Figura 2, Tabla 2).

La distribución y la dominancia de las especies leñosas de Sierra de Vallejo fue distinta entre los sitios (Figura 3). Las especies que presentaron más abundancia en S1 fue *Urera corallina* (29 individuos), en S2 fue *Heliocarpus occidentalis* (12 individuos), en S3 fue *Ardisia revoluta* (33 individuos), en S4 la especie exótica *Hibiscus tiliaceus* (20 individuos), en S5 fue *B. simaruba*, en S6 fue *A. revoluta* (23 individuos), en S7 fue la Morfoespecie 50 (26 individuos), en S8 fue la Morfoespecie 22 (45 individuos), en S9 fue la Morfoespecie 50 (73 individuos), en S10 fue la Morfoespecie 25 (26 individuos), en S11 fue *Lysiloma divaricatum* (19 individuos), en S12 fue *Eugenia salamensis* (29 individuos), en S13 fue la especie endémica a México *Cnidoscolus spinosus* (40 individuos), en S14 fue *Hura polyandra* (15 individuos) y en S15 fue *Guazuma ulmifolia* (11 individuos). La especie nativa *B. simaruba* es la más frecuente, presentándose en 14 de los 15 sitios.

Diversidad beta. La diversidad beta total estuvo principalmente explicada por el recambio de especies entre sitios de BTC y BTSC de Sierra de Vallejo (Tabla 2). El índice de disimilitud de Jaccard muestra una beta total del 96 %, el recambio de especies presenta un valor alto ($\beta_{\text{ju}} = 96$) y un anidamiento bajo ($\beta_{\text{jne}} = 0.9$). Considerando el índice de Jaccard, 15 sitios obtuvieron un valor > 80 % para el recambio de especies, mientras que los sitios S2 y S15 fueron los únicos que registraron > 90 % para el recambio de especies. Para el anidamiento, los valores fueron

Tabla 2. Diversidad alfa (índices de diversidad verdadera y cobertura de la muestra) y diversidad beta (recambio y anidamiento) para los sitios del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de Vallejo. Los valores de los índices de diversidad verdadera se comparan a un valor de 80 % de cobertura de la muestra. q^0 = Número total de especies, q^1 = Número efectivo de especies, q^2 = Número efectivo de especies, β_{ju} = Componente de recambio de disimilitud de Jaccard, β_{jne} = Componente de anidamiento de la disimilitud de Jaccard. Los valores de las medias \pm intervalos de confianza del 95 % con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Turkey HSD ($P \leq 0.05$).

Clave del sitio	Composición florística			Diversidad verdadera			Diversidad beta	
	Abundancia	Especies	Familias	q^0	q^1	q^2	β_{ju} (%)	β_{jne} (%)
S1	72	17	11	$11 \pm 2^{\text{efg}}$	$7 \pm 1^{\text{cde}}$	$5 \pm 1^{\text{de}}$	87	2
S2	93	20	7	$15 \pm 2^{\text{bcdef}}$	$12 \pm 1^{\text{bcd}}$	$11 \pm 2^{\text{abc}}$	90	1
S3	84	15	13	$7 \pm 1^{\text{g}}$	$4 \pm 1^{\text{e}}$	$3 \pm 1^{\text{e}}$	86	3
S4	142	37	22	$27 \pm 3^{\text{a}}$	$19 \pm 3^{\text{a}}$	$14 \pm 3^{\text{a}}$	87	4
S5	82	17	11	$11 \pm 2^{\text{defg}}$	$10 \pm 1^{\text{cde}}$	$8 \pm 1^{\text{bcde}}$	87	3
S6	90	19	14	$10 \pm 2^{\text{fg}}$	$7 \pm 2^{\text{cde}}$	$6 \pm 1^{\text{cde}}$	88	2
S7	74	23	19	$19 \pm 4^{\text{bc}}$	$11 \pm 3^{\text{bcd}}$	$7 \pm 2^{\text{bcde}}$	86	3
S8	100	19	15	$11 \pm 2^{\text{defg}}$	$6 \pm 2^{\text{de}}$	$4 \pm 1^{\text{e}}$	84	3
S9	229	27	15	$13 \pm 1^{\text{bcdefg}}$	$1 \pm 1^{\text{cde}}$	$6 \pm 1^{\text{cde}}$	82	4
S10	177	33	15	$20 \pm 2^{\text{b}}$	$14 \pm 2^{\text{ab}}$	$12 \pm 2^{\text{ab}}$	83	4
S11	92	23	12	$17 \pm 2^{\text{bcde}}$	$13 \pm 3^{\text{abc}}$	$10 \pm 2^{\text{abcd}}$	84	3
S12	125	22	11	$13 \pm 2^{\text{bcdefg}}$	$10 \pm 2^{\text{bcde}}$	$7 \pm 1^{\text{bcde}}$	84	3
S13	104	23	17	$14 \pm 2^{\text{bcdef}}$	$8 \pm 2^{\text{cde}}$	$5 \pm 2^{\text{cde}}$	83	3
S14	47	13	12	$13 \pm 3^{\text{cdefg}}$	$9 \pm 2^{\text{cde}}$	$6 \pm 2^{\text{cde}}$	83	3
S15	44	14	11	$18 \pm 4^{\text{bcd}}$	$13 \pm 3^{\text{abc}}$	$9 \pm 4^{\text{abcde}}$	92	1

bajos, se registraron 12 sitios con un intervalo entre 1 a 3 %, mientras que los sitios S4, S9 y S10 registraron 4 % de anidamiento.

El análisis de similitud de Jaccard mostró que la similitud de especies entre los sitios de Sierra de Vallejo fue del 8 % (Figura 4). Los 15 sitios se agruparon en cinco grupos estadísticamente significativos ($P < 0.05$; SIMPROF), de acuerdo con la similitud en su composición de especies leñosas. El primer grupo está conformado por el sitio S13 con una similitud de 8 %, el segundo grupo compuesto por los sitios S15, S4, S11, S2, S1 y S5 con una similitud de especies del 13 %, el tercer grupo estuvo compuesto por S7 y S8 (37 %), el cuarto grupo estuvo conformado por los sitios S12, S9 y S10 (22 %) y el quinto por los sitios S14, S3 y S6 con una similitud 16 %. El análisis de escalamiento multidimensional no métrico mostró la ordenación de acuerdo la composición de especies entre los sitios, en donde se mostró la formación de cinco grupos (Figura 5), de acuerdo con la similitud en su composición de especies (Figura 4).

Discusión

La diversidad de plantas leñosas del BTC y BTSC de Sierra de Vallejo difiere notablemente a lo reportado para otros bosques tropicales estacionalmente secos de la costa del Pacífico Mexicano. En Sierra de Vallejo, el BTC y BTSC presentó un promedio bajo de riqueza específica (22 especies), en relación con lo reportado en Jesús María, Nayarit (42 especies, Trejo & Dirzo 2002), Chamela, Jalisco (103 especies, Lott *et al.* 1987), Cosalá, Sinaloa (58 especies, Trejo & Dirzo 2002) y Caleta, Michoacán (90 especies, Trejo & Dirzo 2002). La hipótesis planteada para la riqueza específica no se cumplió, debido a que el número de especies encontradas se mantiene muy por debajo del promedio reportado para bosques tropicales estacionalmente secos en México (58 especies; Trejo & Dirzo 2002). Los valores bajos de riqueza específica encontrados en Sierra de Vallejo pueden ser resultado del efecto de perturbación o disturbio crónico, principalmente por las actividades agropastoriles y el aprovechamiento de la madera para uso local, como ha sido reportado en estudios previos en otros BTC (Lebrija-Trejos *et al.* 2010, Martínez-Cruz *et al.* 2013, Cervantes-Gutiérrez *et al.* 2017). En los últimos 50 años, algunos de los sitios de estudio han presentado la actividad de libre pastoreo, la cual se realiza de cuatro a ocho meses al año (Suárez-Torres 2020). Otros trabajos han mostrado que los valores bajos de riqueza de especies en BTC y BTSC se deben al tipo de suelo (Durán *et al.* 2002), a los incendios forestales (Maass *et al.* 2010), a la falta de regulación de la carga de ganado y a las actividades extractivas (Martínez & Ceballos 2010, Martínez-Cruz *et al.* 2013), cuyo efecto no ha sido evaluado en este trabajo, pero que pueden estar moldeando la estructura, composición y riqueza de especies (Durán *et al.* 2002, Trejo & Dirzo 2002, Banda-R *et al.* 2016).

En términos florísticos, la especie más representativa y abundante fue *Bursera simaruba*, la cual define la estructura y composición de los 14 sitios en los que se presenta. Este resultado está explicado por diversas características ecológicas. Esta especie es capaz de tolerar diversas condiciones ambientales, debido a que presenta una amplia plasticidad adaptativa (Gutiérrez & Ricker 2012), así como una amplia tolerancia ecológica, lo que la hace una especie resistente a los efectos de perturbación o disturbio crónico. *B. simaruba* es característica de los BTSC en México y de otros tipos de vegetación, como el bosque tropical perennifolio (Rzedowski 1978, Pineda-García *et al.* 2007, Pennington *et al.* 2009), lo que hace que su distribución no se encuentre limitada a los BTC (Lott *et al.* 1987, Lott & Atkinson 2010). Esta especie es utilizada frecuentemente como cerco vivo por las empresas ganaderas y propietarios locales (Bravo-Bolaños *et al.* 2013); además suele utilizarse como medicina, alimento, sombra y forraje para el ganado en la región de Nayarit (Villanueva *et al.* 1996), por lo que su abundancia alta dentro de Sierra de Vallejo se encuentra justificada. Así mismo, *B. simaruba* es una especie con alto valor ecológico y cuenta con número importante de estudios en México (Pompa-García *et al.* 2017).

En Sierra de Vallejo, se encontró que el 40 % de las especies leñosas encontradas son nativas de México, es decir, su distribución suele abarcar parte o la totalidad del territorio nacional. Este porcentaje de especies nativas de México es similar al reportado para la flora de Chamela-Cuixmala, en donde 42 % de las especies presentan un patrón de distribución Pacífico-Mesoamericano, es decir, a lo largo de toda la vertiente Pacífica desde Sonora hasta Costa Rica (Lott & Atkinson 2010). Lo anterior implica composiciones florísticas, a nivel de especies, muy similares entre el

BTC y BTSC de Sierra de Vallejo y el BTC de Chamela-Cuixmala, lo que supone un proceso de diversificación a escala regional. El 12 % de las especies leñosas de los sitios de Sierra de Vallejo presentó endemismo a nivel de especie, similar al encontrado en otros BTC y BTSC de Guerrero y Michoacán, México (Pineda-García *et al.* 2007, Méndez-Toribio *et al.* 2014). En México cerca de 60 % de las especies de los BTC son endémicas al país (Lott & Atkinson 2010). Para Sierra de Vallejo, *Inga andersonii* fue la única endémica para la región Jaslico-Nayarit y otras 19 especies endémicas para el país, como *Cryosophila nana*, *Erythrina lanata* y *Bursera roseana* (Apéndice 1).

Por otra parte, se encontraron cuatro especies exóticas, *Annona cherimola*, *H. tiliaceus*, *Coffea arabica* y *Citrus x limon*. La presencia de estas especies puede estar explicada por el sistema silvopastoril que se encontró en los alrededores de algunos de los sitios o por la antigua vocación de los sitios estudiados (cafetales abandonados). Posiblemente, la presencia de estas especies exóticas puede ocasionar alguna alteración en la dinámica de las poblaciones de especies nativas dentro del bosque tropical de Sierra de Vallejo. Esta situación podría estar sucediendo en los sitios donde *H. tiliaceus* y *C. arabica* son las especies dominantes en abundancia. Sin embargo, se requieren estudios para evaluar el estatus en el que se encuentran el BTC y BTSC de Sierra de Vallejo para determinar si las especies leñosas exóticas están causando algún impacto a nivel local o regional.

Diversidad alfa. La utilización de índices de diversidad verdadera permitió estimar la diversidad de Sierra de Vallejo bajo un enfoque más intuitivo al considerar números efectivos de especies. Así mismo, la incorporación de técnicas de interpolación y extrapolación permitió comparar la diversidad de las comunidades del BTC y BTSC bajo una misma completitud de muestra. Para el índice q^0 , se obtuvo un número promedio efectivo de 15 especies, valor aún más bajo que el registrado para la riqueza promedio de especies observadas, lo que evidencia el efecto de incorporar la estructura de las comunidades en las estimaciones de diversidad. En México, no existen estudios en BTC y BTSC que evalúen la diversidad en número efectivo de especies leñosas. A la fecha, solo se encontró un estudio en fragmentos de BTC en Córdoba, Colombia (Ballesteros-Correa *et al.* 2019). En este estudio se reportan valores para el índice q^0 de 80 a 110, con rangos de completitud de 94 a 98 %. Los valores de q^0 del BTC colombiano son cuatro veces más grandes que los obtenidos en este estudio, a pesar de que son fragmentos de BTC asociados a sistemas de manejo silvopastoriles y ganadería extensiva convencional.

Para el índice q^1 , que considera el número efectivo de especies comunes y las abundancias de las especies equitativamente, los sitios obtuvieron rangos de uno a 19 especies efectivas. Se esperaba que los sitios fueran homogé-

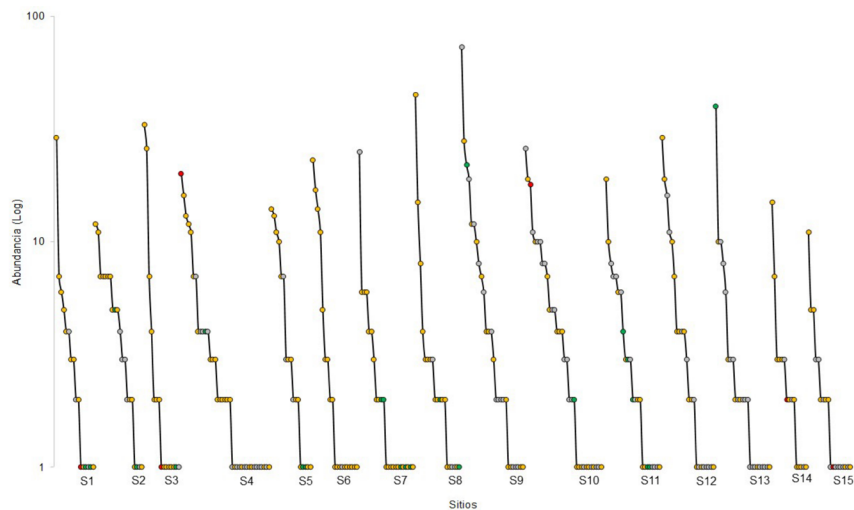


Figura 3. Curvas rango-abundancia de plantas leñosas en los sitios de bosque tropical caducifolio y subcaducifolio en Sierra de Vallejo. Los círculos muestran cada una de las especies por sitio. Los círculos verdes representan las especies endémicas de México, los amarillos a las especies nativas, los rojos a las especies exóticas y los grises a las morfoespecies. La letra S y número indican el sitio de estudio.

neos en cuanto al número efectivo de especies comunes, por lo que la hipótesis para la diversidad de orden q^1 no se cumplió, debido a que los sitios fueron bastante heterogéneos en valores. El sitio S4 fue el que obtuvo la mayor cantidad de especies comunes, y considerando los resultados de la gráfica de rango abundancia (Figura 3), algunas de estas especies podrían ser *H. tiliaceus*, *Roseodendron donnell-smithii*, *Psidium sartorianum*, *B. simaruba*, *Thouinia acuminata*, *Cedrela odorata* y *A. revoluta*. Para el sitio S10, que presenta la mayor cantidad de especies comunes, estas podrían ser *Faramaea occidentalis*, *C. arabica*, *Brosimum alicastrum* y *Pouteria* sp. Los resultados de este estudio están muy por debajo de los reportados para los fragmentos de BTC colombiano, para los cuales se registraron de 33 a 44 especies comunes (Ballesteros-Correa *et al.* 2019). Una posible explicación para la diferencia tan marcada de valores del índice q^1 , podría deberse a las formas de vida consideradas en los censos de vegetación. En los fragmentos de BTC colombiano se incluyeron a los árboles, arbustos, herbáceas trepadoras y lianas, mostrando la importancia de considerar una mayor variedad de formas de vida en las estimaciones de la diversidad verdadera.

La hipótesis para el índice q^2 planteaba que los sitios tendrían un bajo número efectivo de especies dominantes, lo cual no se cumplió. Los sitios de estudio en Sierra de Vallejo tuvieron valores altos de especies dominantes. Posiblemente, este resultado se debe al aprovechamiento y extracción selectiva de la madera para uso local, actividades realizadas durante los últimos 50 años en algunos de los sitios (Suárez-Torres 2020), así como el desmonte y transformación de la cobertura vegetal original, como se ha registrado en la vegetación de la zona costera (Bravo-Bolaños *et al.* 2013, 2016). El sitio S4 sigue el patrón de presentar los valores más altos de los 15 sitios estudiados, debido a que presentó un total de 14 especies dominantes. Este valor puede ser resultado del efecto de manejo que se le ha dado al sitio durante años (53 años) y la intensidad de uso (8 meses al año) de pastoreo libre del ganado vacuno (Suárez-Torres 2020), lo que puede estar favoreciendo la presencia de especies leñosas dominantes, entre las que destacan la exótica *H. tiliaceus* y las nativas *R. donnell-smithii*, *P. sartorianum* y *B. simaruba*. Por otro lado, el sitio S8 presentó de los valores más bajos de especies dominantes, con sólo cuatro especies dominantes y todas ellas nativas a México, entre las que se encuentran *B. simaruba*, *Spondias mombin* y *Bixa orellana*.

Actualmente, la diversidad alfa se mide más frecuentemente con los índices tradicionales de entropía en comparación con los índices de diversidad verdadera (Moreno *et al.* 2018). Este nuevo enfoque metodológico de “diversidad verdadera” expresado en número efectivo de especies (q^0 , q^1 y q^2), sigue siendo poco utilizado en comunidades vegetales y más aún en los BTC y BTSC, lo que dificultó la comparación de los resultados obtenidos en Sierra de Vallejo con respecto a otros bosques del mismo tipo en México o América Latina, siendo un área de oportunidad para futuros estudios.

Diversidad beta. En los sitios del BTC y BTSC de Sierra de Vallejo, la diversidad beta total muestra un valor alto de recambio (91-92 %), anidamiento bajo (0.9-2 %) y similitud baja (8 %). En este estudio se esperaba que la diversidad beta total estuviera explicada principalmente por el recambio o reemplazo de especies entre sitios, con una baja similitud en su composición florística, por lo que la hipótesis se cumplió. Los resultados del análisis de similitud muestran que los BTC y BTSC de Sierra de Vallejo coinciden con los patrones generales de diversidad beta reportados principalmente para el BTC en otras regiones de México, es decir, un alto recambio y bajo anidamiento de especies leñosas, generado principalmente por la heterogeneidad ambiental que existe en estos bosques (Trejo 1998, Balvanera *et al.* 2002, Hernández-Stefanoni *et al.* 2012, López-Martínez *et al.* 2012). Los próximos estudios de diversidad beta en Sierra de Vallejo podrán mostrar si el recambio es resultado de una selección de las especies por el ambiente (teoría de nicho) o si el recambio es resultado de procesos de dispersión de las especies (teoría neutral; Calderón-Patrón & Moreno 2019), como ya ha sido mostrado en los BTC de la Península de Yucatán (López-Martínez *et al.* 2013). Los autores mostraron que la diversidad beta de árboles y lianas está explicada por la teoría del nicho, mientras que la diversidad beta de los arbustos esta explicada por la teoría neutral.

El valor bajo de anidamiento del índice de Jaccard indicó que la distribución de las especies no es uniforme en los sitios de BTC y BTSC de Sierra de Vallejo. El anidamiento disminuye a medida que aumenta la heterogeneidad ambiental (Wright & Reeves 1992). Junto con la heterogeneidad ambiental se deben de considerar otros factores para explicar los valores de la partición de beta total, sobre todo considerando que los sitios de estudio sufren el efecto de perturbación o disturbio crónico, por las actividades agropastoriles y el aprovechamiento de la madera para uso

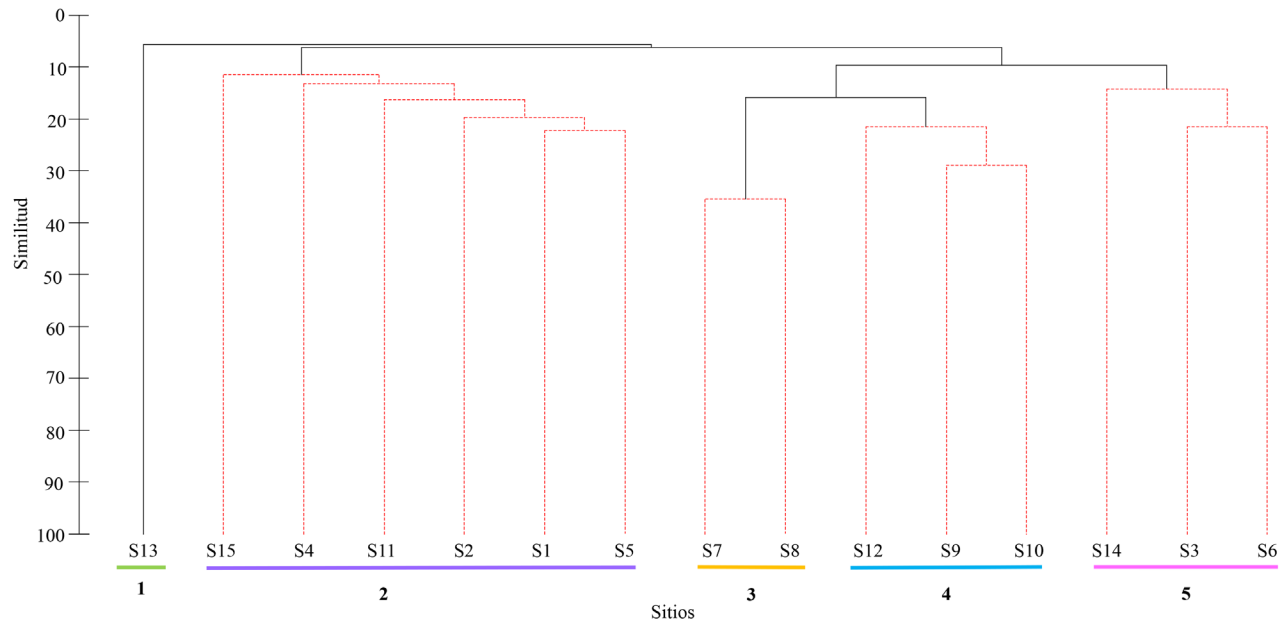


Figura 4. Dendrograma basado en el valor de disimilitud de Jaccard (0-100% similitud) de las especies para el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de Vallejo. Las líneas rosas punteadas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) a partir de la prueba de SIMPROF.

local, así como la modificación de la cobertura vegetal original (Bravo-Bolaños *et al.* 2013, González *et al.* 2014, Bravo-Bolaños *et al.* 2016, Suárez-Torres 2020). En otros BTC de México, el recambio se ha relacionado con la edad sucesional (López-Martínez *et al.* 2012), así como con la separación entre sitios (estructura espacial) y el grado de perturbación (Villers-Ruiz & Trejo-Vázquez 1997, Trejo & Dirzo 2002), en donde estos factores son los mediadores de los procesos ecológicos en BTC. Los estudios indican que para México y América Latina no hay registros específicamente con los índices de disimilitud de Jaccard (recambio y anidamiento) para plantas leñosas en BTC y BTSC. Solo por fines de comparación, los resultados de este estudio son similares a los obtenidos en el bosque tropical tucumano-boliviano, de Tarija, Bolivia, donde obtuvieron el 6.5 % de anidamiento y 93.5 % de recambio (Gallegos *et al.* 2019). Sin embargo, la comparación debe de tomarse con cautela, debido a que en el estudio de Bolivia se consideran un mayor número de formas de vida (árboles, arbustos y lianas) y el bosque caducifolio es principalmente montano, con dosel de 10 a 30 m de altura.

Los sitios del BTC y BTSC de Sierra de Vallejo se congregaron en cinco grupos como resultado de la baja similitud (8 %) en la composición florística. La especie *B. simaruba* se presentó en cuatro de los grupos, con una contribución que va de 9 a 21 %, mientras que *R. armata* fue otra especie con un alto valor de importancia en dos de los grupos, con valores de 10 y 22 %. Ambas especies son nativas a México, con amplia distribución y tolerancia ecológica por lo que su distribución no se encuentra limitada a BTC y BTSC. El valor de similitud del BTC y BTSC de Sierra de Vallejo es consistente con un estudio realizado en 20 localidades en la vertiente del Océano Pacífico con BTC en México, con una similitud de 9% especies entre sitios (Trejo & Dirzo 2002). De manera complementaria, el análisis de escalamiento multidimensional no métrico, el cual está basado en la comparación de la composición de especies de cada sitio, muestra que los sitios más cercanos son aquellos que más especies comparten.

En Sierra de Vallejo se ha presentado la pérdida de hábitat y la fragmentación del BTC y BTSC, resultado de los años de perturbación y disturbio crónico que han sufrido algunos de los sitios y zonas aledañas (Bravo-Bolaños *et al.* 2013, González *et al.* 2014, Bravo-Bolaños *et al.* 2016, Suárez-Torres 2020). El pastoreo libre del ganado vacuno, el aprovechamiento de la madera para uso local y el desmonte de la cobertura vegetal original para el establecimiento de plantaciones y cultivos, son actividades antrópicas que han generado un bajo número de especies leñosas, un muy

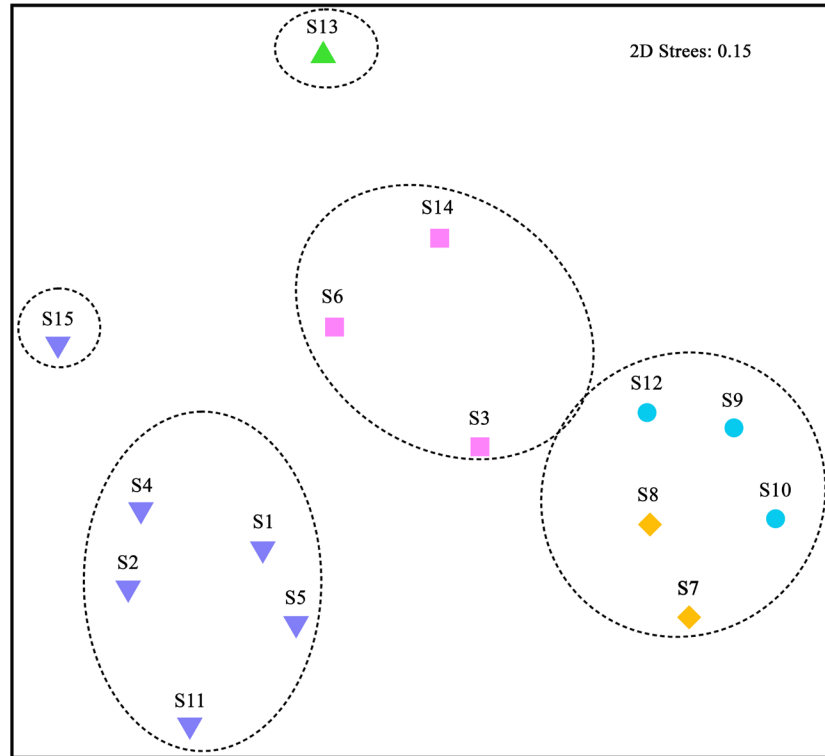


Figura 5. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) para los 15 sitios y las 122 especies y 47 morfoespecies del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de Vallejo. Los colores y símbolos representan a los cinco grupos identificados a partir del análisis de disimilitud de Jaccard. La letra S y número indican el sitio de estudio.

variable número efectivo de especies comunes y dominantes. Por otra parte, los patrones de diversidad beta siguen siendo explicados por la heterogeneidad ambiental, al obtener un alto recambio de especies, y por ende, una baja similitud entre los sitios. Sumado a esto, se registró la presencia de cuatro especies leñosas exóticas. Los resultados obtenidos en este estudio muestran como las nuevas aproximaciones metodológicas que incorporan atributos de las comunidades vegetales (en la diversidad verdadera) se podrían integrar con los valores de recambio y anidamiento de la diversidad beta total para generar una propuesta de conservación.

Finalmente, el presente estudio brinda información que puede orientar las estrategias de conservación de los BTC y BTSC en Sierra Vallejo. El alto recambio de especies que se evidencia sugiere que las propuestas para la conservación de la diversidad florística de los BTC y BTSC deben priorizar la protección de un mayor número de sitios, así como el de mantener la conectividad entre estos. Por otro lado, los nuevos proyectos en la zona deberán generar más información sobre otros grupos de organismos que habitan en los BTC y BTSC, información que dará soporte a la propuesta de decreto de Sierra de Vallejo-Río Ameca como un Área de Protección de Recursos Naturales (CONANP 2012).

Agradecimientos

Se agradece a Yosuki Raygoza, Tahamara Esquivel, Angelita Valencia, Elenita de Jesús, Omar Flores, Janeth Bolaños, Jazmín Solís y Luis Verdin, por su ayuda en el trabajo de campo. A los ejidatarios, trabajadores y dueños de los sitios donde se realizaron los muestreos: Rogelio Becerra, Prisciliano, Abel Galván, Audel Cazares Mendoza, Juan José Villanueva, Secundino Reina González, Lorenzo, José Gómez García, Juan Manuel Pelayo y Misael González, gracias por permitirnos el acceso y/o brindarnos información acerca de los sitios y las especies. Se agradece a los editores asociados, revisores anónimos y a Armando H. Escobedo-Galván por sus valiosos comen-

tarios que enriquecieron el manuscrito. SQ agradece al Programa del Desarrollo del Personal Docente (PRODEP, Universidad de Guadalajara), por el financiamiento del proyecto NPTC-1355. JJST agradece la beca de estudios de posgrado por parte del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT; CVU: 855501, no. de beca: 484757) para la Maestría en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BIMARENA). Este trabajo forma parte del Cuerpo Académico Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (UDG-CA-940).

Literatura citada

- Alignier A, Baudry J. 2016. Is plant temporal beta diversity of field margins related to changes in management practices? *Acta Oecologica* **75**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.06.008>
- Anderson MJ, Gorley NR, Clarke KR 2008. *PERMANOVA + for PRIMER: Guide to software and Statistical Methods*. Plymouth: PRIMER-E Ltd. http://updates.primer-e.com/primer7/manuals/PERMANOVA+_manual.pdf (accessed Marzo 9, 2019).
- Anderson MJ, Crist TO, Chase JM, Vellend M, Inouye BD, Freestone AL, Sandersn NJ, Cornell HV, Comita LS, Davies KF, Harrison SP, Kraft NJB, Stegen JC, Swenson NG. 2011. Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology letters* **14**: 19-28. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- Arreola-Villa FL. 2012. *Patrones de producción de hojarasca en parcelas del bosque seco secundario de Jalisco*. BSc.Thesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Balvanera P, Lott E, Segura G, Siebe C, Islas A. 2002. Patterns of β -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* **13**: 145-158. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02034.x>
- Ballesteros-Correa J, Morelo-García L, Pérez-Torres J. 2019. Composición y estructura vegetal de fragmentos de bosque seco tropical en paisajes de ganadería extensiva bajo manejo silvopastoril y convencional en Córdoba, Colombia. *Caldasia* **41**: 224-234. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71320>
- Banda-R K, Delgado-Salinas A, Dexter, Kyle G, Linares-Palomino R, Oliveira-Filho A, Prado D, Pullan M, Quintana C, Riina R, Rodríguez MGM, Weintritt J, Acevedo-Rodríguez P, Adarve J, Álvarez E, Aranguren BA, Arteaga JC, Aymard G, Castaño A, Ceballos-Mago N, Cogollo Á, Cuadros H, Delgado F, Devia W, Dueñas H, Fajardo L, Fernández Á, Fernández MÁ, Franklin J, Freid EH, Galetti LA, Gonto R, González-M R, Graveson R, Helmer EH, Idárraga Á, López R, Marcano-Vega H, Martínez OG, Maturo HM, McDonald M, McLaren K, Melo O, Mijares F, Moggi V, Molina D, del Pilar Moreno N, Nassar JM, Neves DM, Oakley LJ, Oatham M, Olvera-Luna AR, Pezzini FF, Reyes-Dominguez OJR, Ríos ME, Rivera O, Rodríguez N, Rojas A, Särkinen T, Sánchez R, Smith M, Vargas C, Villanueva B, Pennington RT. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* **353**: 1383-1387. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>
- Baselga A. 2007. Disentangling distance decay of similarity from richness gradients. *Ecography* **30**: 838-841. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906.7590.05191.x>
- Baselga A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* **19**: 134-143. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05191.x>
- Baselga A. 2012. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography* **21**: 1223-1232. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>
- Baselga A, Jiménez-Valverde A, Niccolini G. 2007. A multiple-site similarity measures independent of richness. *Biology Letters* **3**: 642-645. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0449>
- Baselga A, Orme CDL. 2012. Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution* **3**: 808-812. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>
- Bravo-Bolaños O, Gómez-Flores C, Márquez González A. 2013. Composición florística del ejido Sayulita, Bahía de Banderas, Nayarit, México: un análisis espacial. *Revista Bio Ciencias* **2**: 172-188. DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.11>
- Bravo-Bolaños O, Sánchez-González A, de Nova-Vázquez JA, Pavón-Hernández NP. 2016. Composición y estruc-

- tura arbórea y arbustiva de la vegetación de la zona costera de Bahía de Banderas, Nayarit, México. *Botanical Sciences* **94**: 603-623. DOI: <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.461>
- Calderón-Patrón JM, Moreno CE, Zuria I. 2012. La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**: 879-891. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.25510>
- Calderón-Patrón JM, Moreno CE. 2019. Diversidad beta basada en índices de disimilitud: Su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. In: Moreno CE. ed. *La Biodiversidad en un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos para su Estudio*. Pachuca de Soto: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, pp. 203-222. ISBN: 978-607-482-598-5
- Cardoso P, Rigal F, Carvalho, JC. 2015. BAT-Biodiversity assessment tools and R package for the measurement and estimation of alpha and beta taxon, phylogenetic and functional diversity. *Methods in Ecology and Evolution* **6**: 232-236. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12310>
- Carvalho JC, Cardoso P, Gomes P. 2012. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta diversity patterns. *Global Ecology Biogeography* **21**: 760-771. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00694.x>
- Carvalho JC, Cardoso P, Borges P, Schmera D. 2013. Measuring fractions of beta diversity and their relationships to nestedness: a theoretical and empirical comparison of novel approaches. *Oikos* **122**: 825-834. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2012.20980.x>
- Cervantes-Gutiérrez V, Méndez-Ramírez I, Roldán-Aragón IE, Chimal-Hernández A, Arriaga-Martínez V, Carabias-Lillo J. 2017. Vegetation of a tropical dry forest in a landscape with chronic disturbance: the case of the indigenous community of San Nicolás Zoyatlán (Guerrero, Mexico). *Botanical Sciences* **95**: 433-459. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1113>
- Challenger A, Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. In: Soberón J, Halffter G, Llorente-Bousquests J. eds. *Capital Natural de México*, vol. 1: *Conocimiento actual de la Biodiversidad*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 87-108. ISBN: 978-607-7607-03-8.
- Chao A, Jost L. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* **93**: 2533-2547. DOI: <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Clarke KR, Gorley RN 2006. *PRIMER v6: User manual/ tutorial*. Plymouth: PRIMER-E Ltd. https://www.researchgate.net/publication/285668711_PRIMER_v6_user_manualtutorial_PRIMER-E_Plymouth (accessed January, 19 2019)
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. 2012. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida con la categoría de Área de Protección de Recursos Naturales Sierra de Vallejo-Rio Ameca, en los estados de Jalisco Nayarit. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Puerto Vallarta, Jalisco. https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DGCD/20.pdf (accessed February 5, 2019).
- Conradi T, Temperton VM, Kollmann J. 2017. Beta diversity of plant species in human-transformed landscapes: control of community assembly by regional productivity and historical connectivity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **24**: 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2016.10.001>
- Cultid-Medina C, Escobar F. 2019. Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). In: Moreno CE. ed. *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Pachuca de Soto: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, pp. 175-202. ISBN: 978-607-482-598-5.
- Durán E, Balvanera P, Lott EJ, Segura G, Rosas D, Islas A, Franco M. 2002. Composición, estructura y dinámica de la vegetación. In: Noguera FA, Vega J, Quesada M. eds. *Historia Natural de Chamela*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. México. ISBN: 9703205208, 978970320520.
- Durán E, Meave JA, Lott EJ, Segura G. 2006. Structure and tree diversity patterns at the landscape level in a Mexican tropical deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **79**: 43-63. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1732>
- Dzib-Castillo B, Chantásig-Vaca C, González-Valdivia NA. 2014. Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 167-178. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.38706>

- Gallardo-Cruz JA, Meave JA, Pérez-García EA, Hernández-Stefanoni JL. 2010. Spatial structure of plant communities in a complex tropical landscape: implications for β -diversity. *Community Ecology* **11**: 202-210. DOI: <https://doi.org/10.1556/ComEc.11.2010.2.8>
- Gallardo-Cruz JA, Perez-Garcia EA, Meave JA. 2009. B-Diversity and vegetation structure as influenced by slope aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. *Landscape Ecology* **24**: 473-482. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9332-1>
- Gallegos SC, Zenteno-Ruiz FS, Beck SG, López RP. 2019. Diversidad arbórea del bosque tucumano-boliviano en la alta cuenca del río Bermejo (Tarija, Bolivia), *Ecología en Bolivia* **54**: 18-39.
- Gómez-Flores C. 2011. *Caracterización fisonómico florística de la vegetación del ejido Sayulita, Nayarit*. BSc. Thesis. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Gómez-Mora AM, Anaya JA, Álvarez-Dávila E. 2005. Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los andes colombianos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* **4**: 13-27.
- González VDI, Fonseca MMA, Dachary AC. 2014. Aprovechamiento del potencial turístico natural y cultural de El Colomo, Nayarit, como estrategia para su desarrollo local. *Teoría y Praxis* **16**: 33-60.
- Gutiérrez G, Ricker M. 2012. Ecología forestal de algunas especies arbóreas de interés para la reforestación y restauración del Parque Ecológico Tuzandepetl. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://restoration.elti.yale.edu/resource/ecologia-forestal-de-algunas-especies-arboreas-de-interes-para-la-reforestacion-y> (accessed March 25, 2019).
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**: 1-9.
- Hernández-Stefanoni JL, Gallardo-Cruz JA, Meave JA, Rocchini D, Bello-Pineda J, López-Martínez JO. 2012. Modeling α - and β -diversity in a tropical forest from remotely sensed and spatial data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **19**: 359-368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.04.002>
- Heydari M, Omidipour R, Abedi M, Baskin C. 2017. Effects of fire disturbance on alpha and beta diversity and on beta diversity components of soil seed banks and aboveground vegetation. *Plant Ecology and Evolution* **150**: 247-256. DOI: <https://doi.org/10.5091/plecevo.2017.1344>
- Hill MO. 1973. Diversity and evenness: a unifying of species diversity a critique and alternative parameters. *Ecology* **52**: 577-586. DOI: <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hsieh T, Ma K, Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* **7**: 1451-1456. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Fisiografía]. 2019. <https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia> (accessed January 7, 2020).
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* **113**: 363-375. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* **88**: 2427-2439. DOI: <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Jost L, DeVries P, Walla T, Greeney H, Chao A, Ricotta C. 2010. Partitioning diversity for conservation analyses. *Diversity and Distributions* **16**: 65-76. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00626.x>
- Koleff P, Gaston KJ, Lennon JJ. 2003. Are there latitudinal gradients in species turnover? *Global Ecology and Biogeography* **12**: 483-498. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00056.x>
- Lebrija-Trejos E, Meave JA, Poorter L, Pérez-García EA, Bongers F. 2010. Pathways, mechanisms and predictability of vegetation change during tropical dry forest succession. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **12**: 267-275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2010.09.002>
- Legendre P, Borcard D, Peres-Neto PR. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs* **75**: 435-450. DOI: <https://doi.org/10.1890/05-0549>
- López-Martínez JO, Hernández-Stefanoni JL, Dupuy JM, Meave JA. 2012. Partitioning the variation of woody plant β -diversity in a landscape of secondary tropical dry forests across spatial scales. *Journal of Vegetation Science* **24**: 33-45. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01446.x>
- López-Martínez JO, Sanaphre-Villanueva L, Dupuy JM, Hernández-Stefanoni JL, Meave JA, Gallardo-Cruz JA.

2013. β -Diversity of functional groups of woody plants in a tropical dry forest in Yucatan. *Plos One* **8**: e73660. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073660>
- Lott EJ, Bullock SH, Solís-Magallanes A. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica* **19**: 228-235. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388340>
- Lott EJ, Atkinson TH. 2010. Diversidad florística. In: Ceballos G, Martínez L, García A, Espinoza E, Bezaury-Creel J, Dirzo R. eds. *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad pp. 63-76. ISBN: 978-607-7607-31-1.
- Maass JM, Jardel EJ, Martínez-Yrizar A, Calderón-Aguilera LE, Herrera J, Castillo A, Euán-Ávila J, Equihua M. 2010. Las áreas naturales protegidas y la investigación ecológica de largo plazo en México. *Ecosistemas* **19**: 69-83.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd. ISBN: 0-632-05633-9.
- Martínez L, Ceballos G. 2010. Sierra de Vallejo, Nayarit. In: Ceballos G, Martínez L, García A, Espinoza E, Bezaury JC, Dirzo R. eds. *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 425-427. ISBN: 970-9000-38-1.
- Martínez-Cruz J, Méndez-Toribio M, Cortés-Flores J, Coba-Pérez P, Cornejo-Tenorio G, Ibarra-Manríquez G. 2013. Estructura y diversidad de los bosques estacionales desaparecidos por la construcción de la presa Gral. Francisco J. Múgica, en la Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **84**: 1216-1234. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.33799>
- Méndez-Toribio M, Martínez-Cruz J, Cortés-Flores J, Rendón-Sandoval FJ, Ibarra-Manríquez G. 2014. Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tzirizícuar, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 1117-1128. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.43457>
- Mesa-Sierra N, Laborde J, Escobar F. 2020. Seasonally dry tropical forests of the Gulf of Mexico: A degraded landscape undergoing homogenization or a promising, resilient reservoir? *Acta Oecologica* **106**: 103583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103583>
- Moreno CE, Barragán F, Pineda E, Pavón NP. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **82**: 1249-1261. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Moreno CE, Calderón-Patrón JM, Martín-Regalado N, Martínez-Falcón AP, Ortega-Martínez IJ, Ríos-Díaz CL, Rosas F. 2018. Measuring species diversity in the tropics: a review of methodological approaches and framework for future studies. *Biotropica* **50**: 929-941. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12607>
- Morrone JJ. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **90**: e902980. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Nava-Cruz YG. 2006. Caracterización del efecto de borde en fragmentos de bosque tropical seco en Chamela Jalisco, México. PhD. Thesis. Universidad Autónoma de México.
- Pennington RT, 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**: 437-57. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120327>
- Pielou EC. 1975. *Ecological diversity*. New York: Wiley Interscience. ISBN: 0471689254-9780471689256.
- Pineda-García F, Arredondo-Amezcu L, Ibarra-Manríquez G. 2007. Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio El Tarimo, Cuenca del Balsas, Guerrero. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **78**: 129-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2007.001.396>
- Pompa-García M, Sigala RJÁ, Jurado E. 2017. Some tree species of ecological importance in México: A documentary review. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **23**: 185-219.
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (accessed March 20, 2019).

- Ramírez-Delgadillo R, Cupul-Magaña FG. 1999. Contribución al conocimiento de la flora de la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. *Ciencia ERGO-SUM, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* 6: 135-146.
- Ramírez-Marcial N, Camacho-Cruz A, González-Espinosa M. 2003. *Guía para la propagación de especies leñosas nativas de los Altos y Montañas del Norte de Chiapas*. San Cristóbal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000032683> (accessed July 8, 2019).
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México, DF: Limusa. ISBN: 9681800028-9789681800024.
- Rzedowski J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* 15: 47-64. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm15.1991.620>
- Rzedowski J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 129-145. ISBN: 9683665888
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana* 102: 1-23. <https://doi.org/10.21829/abm102.2013.229>
- SAS. 2008. *Introductory Guide*. Cary: SAS Institute Inc, Nort Carolina, USA. ISBN 978-1-59994-920-8.
- Suárez-Torres JJ. 2020. *Diversidad florística y servicios ecosistémicos del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de Vallejo, Nayarit*. MSc. Thesis. Universidad de Guadalajara.
- Tejero-Díez JD, Ledesma-Corral JC, Torres-Díaz AN. 2008. El palmar de *Orbignya guacuyule* al sur de Nayarit, México. *Polibotánica* 26: 67-100.
- Trejo I. 1998. *Distribución y diversidad de las selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo*. PhD. Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Trejo I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. In: Ceballos G, Martínez L, García A, Espinoza E, Bezaury JC, Dirzo R. eds. *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 41-52. ISBN: 970-9000-38-1.
- Trejo I, Dirzo R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2084. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020876316013>
- Villanueva-Ávalos JF, Sánchez-Rodríguez R, Carrete-Carreón FO, Mena-Hernández L. 1996. Establecimiento de diferentes especies arbóreas para cerco vivo en la costa de Nayarit. *Técnica Pecuaria en México Pecuarias* 34: 64-70
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villers-Ruiz L, Trejo-Vázquez I. 1997. Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in México. *Climate Research* 9: 87-93. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr009087>
- Whittaker R. 1975. *Communities and Ecosystems*. Macmillan: New York. ISBN: 978-0024273901.
- Whittaker RH, Willis KJ, Field R. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00563.x>
- Wright DH, Reeves JH. 1992. On the meaning and measurement of nestedness of species assemblages. *Oecologia* 92: 416-428. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00317469>

Editor de sección: Alejandro Zavala Hurtado

Contribución de los autores: AYAG realizó el trabajo de campo, analizó y escribió los resultados, preparó las figuras y tablas, JJST diseñó el estudio, realizó el trabajo de campo, analizó y escribió los resultados, examinó e identificó los especímenes; PCR participó en el trabajo de campo, examinó e identificó los especímenes; KEPJ asesoró en el análisis de datos; SQ concibió la idea, realizó el trabajo de campo, consiguió el financiamiento y escribió el manuscrito; todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito.

Agencias financiadoras: Programa del Desarrollo del Personal Docente convenio NPTC-1355. Programa Nacional de Posgrados de Calidad del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CVU: 855501, no. de beca: 484757). Cuerpo Académico Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (UDG-CA-940).

Apéndice 1. Lista de especies de Sierra de Vallejo, Nayarit basado en el APG IV (Cole *et al.* 2019). Se muestra el nombre común usado dentro de la región, la distribución basada en Villaseñor (2016) y abundancia total dentro de los sitios censados. N = nativa; E = exótica; EM = Endémica de México; ER = Endémica de la región de Jalisco-Nayarit.

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Arecaceae	<i>Attalea cohune</i> Mart.	ATTCOH	Coco de aceite	N	18
	<i>Cryosophila nana</i> (Kunth) Blume ex Salomon	CRYNAN	---	EM	6
Familia	Angiospermas/Dicotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Acanthaceae	<i>Bravaisia integrerrima</i> (Spreng.) Standl.	BRAINT	Palo blanco	N	9
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	AMPADS	Cuachalalate	EM	2
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	ASTGRA	---	N	2
	<i>Comocladia engleriana</i> Loes.	COMENG	Hincha huevos	N	6
	<i>Spondias mombin</i> L.	SPOMOM	Hobo	N	9
	<i>Spondias purpurea</i> L.	APOPUR	Ciruelo	N	7
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i> Mill.	ANNCHE	---	E	3
			Platanillo	N	1
Apocynaceae	<i>Cymbopetalum hintonii</i> Lundell	CYMHIN			
	<i>Cascabela ovata</i> (Cav.) Lippold	CASOVA	---	N	1
			---	N	3
	<i>Plumeria rubra</i> L.	PLURUB			
	<i>Stemmadenia grandiflora</i> (Jacq.) Miers	STEGRA	Huevos de gato	N	5
Araliaceae	<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> Jacq.	TABAMY	Huevos de toro	N	1
Asteraceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	DENARB	Manita de león	N	5
	<i>Verbesina fastigiata</i> B.L. Rob. & Greenm.	VERFAS	Tacote	N	6

Diversidad alfa y beta de plantas leñosas en Sierra de Vallejo, Nayarit

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	TABROS	Rosa morada	N	3
	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose	HANCHR	Amapa	N	1
	<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	ROSDON	Primavera	N	18
	<i>Tabebuia</i> sp. Bixaceae	TABSP	---	---	3
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	BIXORE	Achotillo	N	28
	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	COCVIT	Huevos de burro	N	6
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	BURSIM	Papelillo	N	111
	<i>Bursera excelsa</i> (Kunth) Engl.	BUREXC	Copal	EM	2
	<i>Bursera roseana</i> Rzed., Calderón y Medina	BURROS	---	EM	4
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	CALBRA	Huevos de burro	N	7
Cannabaceae	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	APHMON	Cabra	N	5
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i> L.	CRATAP	Mavolo	N	1
	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	CYNFLE	Hoja de hule	N	1
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	CARPAP	Papaya	N	6
	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	JACMEX	Bonete	N	40
Chrysobalanaceae	<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose	COUPOL	Papaya	N	6
	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	HIRRAC	Piridunca	N	1
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	CURAME	Chachalaco	N	16
Ebenaceae	<i>Diospyros sinaloensis</i> S.F. Blake	DIOSIN	Tomate	N	1
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum mexicanum</i> Kunth	ERYMEX	Granadillo	N	4

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus</i> sp.	CNISP	---	---	5
	<i>Cnidoscolus spinosus</i> Lundell	CNISPI	Mala mujer	EM	40
	<i>Croton schiedeana</i> Schtdl.	CROSC	Palo agrio	N	66
	<i>Hura polyandra</i> Baill.	HURPOL	Habillo	N	20
	<i>Jatropha platyphylla</i> Müll.Arg.	JATPLA	Sangre de grado	EM	3
	<i>Manihot</i> sp.	MANSP	Cedro blanco	---	8
	<i>Sapium macrocarpum</i> Müll.Arg.	SAPMAC	Mataiza	N	2
Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	BAUDIV	Pata de venado	N	1
	<i>Caesalpinia</i> sp.	CAESP	---	---	4
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	CAEPUL	Tabachincillo	N	7
	<i>Coursetia mollis</i> (Kunth) J.F. Macbr.	COUMOL	Tahuitole	EM	11
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.)	ENTCYC	Parota	N	6
	<i>Erythrina</i> sp.	ERYSP	Algodoncillo	---	1
	<i>Erythrina lanata</i> Rose	ERYLAN	Algodoncillo	EM	6
	<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	GLISEP	Cacahuananchi	EM	5
	<i>Inga andersonii</i> McVaugh	INGAND	Guasamayate	ER	3
	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	INGLAU	Guasamayate	N	2
	<i>Leucaena macrophylla</i> Benth.	INGLAU	Guasamayate	N	2
	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	LEUMAC	Guajillo	EM	5
	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	LONGUA	Cuero de indio	N	1
	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J. F. Macbr.	LYSACA	Tepemezquite	N	6
	<i>Lysiloma</i> sp.	LYSDIV	Tepemezquite	N	34
	<i>Machaerium</i> sp.	LYSSP	---	---	5
	<i>Swartzia simplex</i> (Sw.) Spreng.	MACSP	Pinolillo	---	9
		SWASIM	Naranjillo	N	3
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight y Arn	VACFRA	---	N	1
	<i>Vachellia hindsii</i> (Benth.) Seigler y Ebinger	VACHIN	Huizache	N	11

Diversidad alfa y beta de plantas leñosas en Sierra de Vallejo, Nayarit

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i>	GYRJAT	Cedro blanco	N	8
	Domin				
Lamiaceae	<i>Vitex hemsleyi</i> Briq.	VITHEM	Cuata blanca	N	4
Lauraceae	<i>Nectandra glabrescens</i> Benth.	NECGLA	Aguacatillo	N	13
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	APETIB	---	N	
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	GUAULM	Guácima	N	22
	<i>Heliocarpus occidentalis</i> Rose	HELOCC	Majahua	EM	12
	<i>Heliocarpus pallidus</i> Rose	HELPAL	Majahua	EM	26
	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	HIBTIL	Majahua	E	20
	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	LUESPE	Ortiguilla	N	2
	<i>Luehea candida</i> (Moc. y Sessé ex DC.)	LUECAN	Algodoncillo	N	1
	<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand.	PSEELL	Clavellina	N	12
	<i>Pseudobombax palmeri</i> (S. Watson) Dugand.	PSEPAL	Cedro blanco	EM	3
Melastomataceae	<i>Conostegia</i> sp.	CONSP	---	---	3
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	CEDODO	Cabra	N	7
	<i>Trichilia hirta</i> L.	TRIHIR	---	N	1
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	BROALI	Capomo	N	70
	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	CASELA	Hule	N	4
	<i>Ficus</i> sp.	FICSP	---	---	5
	<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	FICCOT	Mata palo	N	1
	<i>Ficus insipida</i> Willd.	FICINS	Higuera	N	5
	<i>Ficus petiolaris</i> Kunth	FICPET	Tescalame	EM	1

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i> Steud.	EUGACA	Arrayancillo negro	N	1
	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.	EUGCAP	Chinillo	N	5
	<i>Eugenia salamensis</i> Donn. Sm.	EUGSAL	Chinillo	N	31
	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	PSISAR	---	N	13
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i> L.	PISACU	Palo fierro	N	4
	<i>Pisonia capitata</i> (S. Watson) Standl.	PISCAP	---	EM	2
Ochnaceae	<i>Ouratea madrensis</i> L. Riley	OURMAD	Capulincillo	N	1
Opiliaceae	<i>Agonandra racemosa</i> (DC.) Standl.	AGORAC	---	N	4
	<i>Phyllanthus mocinianus</i> Baill.	PHYMOC	---	EM	1
Picramiaceae	<i>Picramnia antidesma</i> Sw.	PICANT	---	N	2
Piperaceae	<i>Piper jaliscanum</i> S. Watson.	PIPJAL	Cordoncillo	EM	6
	<i>Piper</i> sp.	PIPSP	---	---	1
Polygonaceae	<i>Ruprechtia pallida</i> Standl.	RUPPAL	---	N	
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	ARDCOM	Capulín	N	1
	<i>Ardisia revoluta</i> Kunth	ARDREV	Tintilagua	N	60
	<i>Ardisia</i> sp.	ARDSP	---	---	1
	<i>Bonellia macrocarpa</i> subsp. <i>pungens</i> (A. Gray) B. Stahl y Källersjö	BONMAC	---	N	3
Rhamnaceae	<i>Karwinskia latifolia</i> Standl.	KARLAT	Comomisfero	EM	5

Diversidad alfa y beta de plantas leñosas en Sierra de Vallejo, Nayarit

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Rubiaceae	<i>Chiococca</i> sp.	CHISP	---	---	8
	<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc.	CHIALB	Manzanilla	N	5
	<i>Coffea arabica</i> L.	COFARA	Café	E	18
	<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	FAROCC	Huesillo	N	19
	<i>Genipa americana</i> L.	GENAME	---	N	2
	<i>Hintonia latiflora</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	HINLAT	Caparchi	EM	3
	<i>Sommeria grandis</i> (Bartl. ex DC.) Standl.	SOMGRA	---	EM	3
	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	RANARM	Crucetilla	N	32
	<i>Randia induta</i> Standl.	RANIND	Jicara	EM	1
Rutaceae	<i>Rogiera langlassei</i> (Standl.) Borhidi	ROGLAN	---	EM	2
	<i>Citrus X limon</i> (L.) Osbeck	CITLIM	Limón	E	1
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	CASSYL	---	N	18
	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	CASCOR	---	N	19
	<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.	XYLFLE	Junco	N	1
Santalaceae	<i>Phoradendron</i> sp.	PHOSP	---	---	10
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	SAPSAP	---	N	5
	<i>Thouinia acuminata</i> S. Watson	THOACU	Cuata/Guayabillo	N	32
	<i>Thouinidium decandrum</i> (Bonpl.) Radlk.	THODEC	Vivoro	N	2
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.	PUTSP	---	---	10
	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	POUCAM	Comingal	N	1
	<i>Sideroxylon capiri</i> (A. DC.) Pittier	SIDCAP	Tempisque	N	1

Familia	Angiospermas/Monocotiledóneas	Código	Nombre común	Distribución	Abundancia
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> DC.	SIMAMA	Negro	N	2
Urticaceae	<i>Urera corallina</i> (Liebm.) Wedd.	URECOR	Chichicaxte	N	46
	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	CECOBT	Trompetilla	N	16