

Estructura poblacional y hábitat de un árbol tropical con frutos comestibles, *Annona purpurea* (Annonaceae), en el occidente de México

Citlally Topete-Corona¹, Ramón Cuevas-Guzmán^{1*}, Enrique V. Sánchez-Rodríguez¹, Arturo Moreno-Hernández², José Guadalupe Morales-Arias¹ & Nora M. Núñez-López¹

1. Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco, México. C.P. 48900; citlally.topete@cucsur.udg.mx, rcuevas@cucsur.udg.mx, valentes@cucsur.udg.mx, jose.moralesa@cucsur.udg.mx, nnunez@cucsur.udg.mx
2. Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco, México. C.P. 48900; amoreno@cucsur.udg.mx

* Correspondencia

Recibido 07-VI-2020. Corregido 11-VIII-2020. Aceptado 19-VIII-2020.

ABSTRACT. Population structure and habitat of a tropical tree with edible fruits, *Annona purpurea* (Annonaceae), in Western Mexico. Introduction: *Annona purpurea* is a Mesoamerican tree, distributed from the Pacific and Atlantic slopes of Mexico to South America. Different parts of the plant are of utility and the fruits are edible. **Objective:** To describe the population structure, habitat and environmental factors that influence the distribution and abundance of *A. purpurea* in Western Mexico. **Methods:** From April to November 2015, 24 sampling units were established, each of which were 500 m² in area and had a presence of *A. purpurea*. At each site, all woody species with a diameter at breast height (dap) \geq 2.5 cm were measured and identified, and environmental, geographic and climatic information recorded. Information regarding the regeneration of the species was obtained. The structure of *A. purpurea* was estimated and its relationships with environmental variables examined. The Whittaker association index was determined using the importance value index matrix (IVI). With the matrix of environmental variables and that of IVI, a Canonical Correspondence Analysis was performed to determine the influence of environmental variables on the species and to visualize the distribution of the species in multidimensional space. **Results:** *A. purpurea* presented 1 108 stems in 1.2 ha, with 85 % of these concentrated in the first three diametric categories. Its density presented a positive relationship with the presence of stumps, while the basal area and IVI were similarly related to the incidence of fire. There was little or no regeneration of *A. purpurea* under its canopy. The highest IVI in the community were found for *A. purpurea*, *Tabebuia rosea*, *Quercus magnoliifolia* and *Enterolobium cyclocarpum*, and the similarity profiles test separated *A. purpurea* and *Guazuma ulmifolia* as a distinct group. The environmental variables with the greatest influence on the distribution and abundance of *A. purpurea* were annual precipitation, fire incidence, elevation, mean annual temperature, stoniness and livestock. **Conclusion:** *A. purpurea* presents the greatest structural attributes in the community, its populations are favored in places with greater precipitation and temperature, with little stoniness and with incidence of disturbances by fire and livestock that generate large gaps and its greatest association is with *G. ulmifolia*.

Key words: cabeza de negro; fire; livestock; tropical subdeciduous forest; secondary vegetation.

Topete-Corona, C., Cuevas-Guzmán, R., Sánchez-Rodríguez, E.V., Moreno-Hernández, A., Morales-Arias, J.G., & Núñez-López, N.M. (2020). Estructura poblacional y hábitat de un árbol tropical con frutos comestibles, *Annona purpurea* (Annonaceae), en el occidente de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1171-1184.

Annona es un género con 160 especies, 156 se conocen para el Neotrópico (Maas et al., 2019), de ellas, 18 se han registrado para México (De la Cruz, Castro-Montero, González-Esquinca, 2016), algunas descritas recientemente (Jiménez-Ramírez & Soto-Núñez, 2015). La importancia de las anonas por sus frutos comestibles se tiene ampliamente documentada (Standley, 1920; Luna-Cázares & González-Esquinca, 2015), por lo que algunas especies se cultivan para atender la demanda de frutos en los mercados nacionales e internacionales y otras se recolectan de poblaciones silvestres, entre ellas *A. purpurea* (Andrés-Agustín, 2015).

Annona purpurea se conoce con más de 60 nombres locales (Luna-Cázares & González-Esquinca, 2015), estando entre los más generalizados “cabeza de negro”, “chinguya” y “sincuya”, haciendo alusión al fruto, el cual es cosechado y vendido en los mercados locales (Standley, 1920, Luna-Cázares, & González-Esquinca, 2015; Topete-Corona, 2018), por lo que ha sido considerada una especie de interés frutícola (Standley, 1920; Andrés-Agustín, 2015). Se trata de una especie Mesoamérica, con una distribución desde Nayarit y Veracruz, en México, hasta Venezuela, Colombia y Ecuador (Topete-Corona, 2018), en bosques tropicales perennifolios a caducifolios y áreas abiertas dentro de ellos (Luna-Cázares & González-Esquinca, 2015) y en bosques de encino (Topete-Corona, 2018).

Los pobladores mesoamericanos han utilizado las hojas, tallos, raíces, frutos y semillas de la especie, con fines medicinales, como insecticida y antibacterial (Standley, 1920; Luna-Cázares & González-Esquinca, 2008). Los estudios de las propiedades químicas de estas estructuras, revelan la presencia de sustancias con potencial como anticancerígenas, hipoglucémicas, antibacteriales y para la producción de insecticidas y biocombustibles (Luna-Cázares & González-Esquinca, 2008; Vidal-Lezama, Villegas-Monter, Vaquera-Huerta, Robledo-Paz, & Martínez-Palacios, 2019).

Se considera que en algunas regiones de México las poblaciones de la especie están

disminuyendo, debido principalmente a la alteración de su hábitat (Vidal-Lezama et al., 2019). A pesar de lo anterior no se conocen investigaciones sobre la estructura de las poblaciones y el hábitat de *A. purpurea*, por lo que el objetivo de la investigación es describir la estructura poblacional, el hábitat y los factores ambientales que influyen sobre la distribución y abundancia de la especie en el occidente de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se realizó en la zona tropical de los estados de Jalisco y Colima en el occidente de México (104°03'-104°54' N & 19°20'-19°46' W), a una elevación de 300-800 m, con una temperatura media anual de 22.8-25.1 °C y una precipitación anual de 1 346-1 480 mm; con un periodo de sequía de 6-8 meses y una concentración del 90 % o más de la precipitación de junio a septiembre (Fernández, Zavala, & Romero-Fernández, 2010). La vegetación que se registra en el área corresponde con bosque tropical caducifolio y subcaducifolio y, encinares caducifolios (Rzedowski & McVaugh, 1966).

Registro de datos en campo: De abril a noviembre 2015, se establecieron 24 unidades circulares de 500 m², a través de un muestreo selectivo de áreas con presencia de *A. purpurea*. Dentro de cada unidad de muestreo se identificaron, midieron y registraron las especies leñosas con diámetro a la altura de pecho (dap) ≥ 2.5 cm. Dentro de cada parcela (500 m²) se establecieron cinco subparcelas circulares de 5 m² cada una, una al centro y las otras cuatro hacia los extremos de la parcela, en orientación norte-sur y este-oeste, con la finalidad de evaluar la repoblación de *A. purpurea*, registrando y midiendo los individuos con un dap < 2.5 cm. Se recolectaron ejemplares de las especies para corroborar las identificaciones y se depositaron en el Herbario ZEA de la Universidad de Guadalajara, como material de referencia de la investigación. Para cada parcela se registró coordenadas, elevación, tipo de vegetación,

pendiente, exposición, factores de perturbación, entre otros (Tabla 1). Para obtener por localidad la temperatura y la precipitación, se utilizaron datos disponibles en el Atlas Climático Digital de México (Fernández et al., 2010).

Análisis de los datos: *Estructura poblacional de A. purpurea:* se definió en función de los tallos con $dap \geq 2.5$ cm registrados en las 24 parcelas. Las clases diamétricas se realizaron en función de: $M = 3 \log_{10} N$, donde M = número de clases diamétricas y N = número

de tallos de *A. purpurea*. El intervalo de clase fue igual a (diámetro mayor-diámetro menor) / M. Se determinó por parcela la densidad, área basal (AB) y el índice de valor de importancia (IVI) de *A. purpurea*, este último como la suma de los promedios relativos de densidad y área basal (Curtis & McIntosh, 1951; Vázquez & Givnish, 1998; Cuevas, García-Moya, Vázquez-García, & Núñez-López, 2008).

El análisis de la repoblación se realizó considerando los individuos de *A. purpurea* con $dap < 2.5$ cm registrados en las 24 parcelas,

TABLA 1
Información geográfica y ambiental de las unidades de muestreo de *A. purpurea* en el occidente de México

TABLE 1
Geographic and environmental information of the sampling units of *A. purpurea* in Western Mexico

Par	Lat	Lon	Ele	Pen	Exp	Ped	Phs	Inc	Pas	Amu	Toc	Tma	Pan
P01	19°36'28"	104°18'33"	650	14	20° NO	4	20	0	4	0	2	24.0	1 308
P02	19°36'26"	104°18'31"	650	11	30° NO	4	22	0	4	5	4	24.0	1 308
P03	19°36'41"	104°18'38"	550	17	40° NO	1	35	0	3	1	2	24.0	1 304
P04	19°40'18"	104°25'46.4"	662	44	20° NE	4	30	4	3	2	4	24.1	1 281
P05	19°40'17.7"	104°25'57.7"	630	31	35° NO	1	20	1	2	0	7	24.1	1 281
P06	19°27'15.9"	104°29'04"	603	57	88° NO	2	25	4	2	1	0	24.2	1 540
P07	19°27'15.2"	104°29'8.5"	565	10	40° SE	3	30	1	3	1	2	24.2	1 540
P08	19°31'12.9"	104°26'7.7"	485	5	83° NE	1	10	4	4	0	0	25.0	1 578
P09	19°23'39.9"	104°27'37.6"	639	50	03° SE	1	30	4	4	0	1	23.9	1 509
P10	19°23'40"	104°27'34.7"	672	28	32° SE	2	10	4	4	0	0	23.9	1 509
P11	19°38'29.7"	104°54'11.8"	354	12	65° NE	1	10	4	4	1	2	25.1	1 244
P12	19°35'25.8"	104°38'31"	439	7	14° SE	2	10	4	4	0	0	24.7	1 475
P13	19°34'34.7"	104°92'10.3"	561	32	58° SE	4	7	4	4	0	0	24.2	1 470
P14	19°34'51.1"	104°42'11.1"	565	30	86° SE	2	10	4	3	2	0	25.0	1 278
P15	19°34'07.3"	104°42'04.5"	579	18	62° SE	1	10	4	4	0	4	25.1	1 238
P16	19°20'22"	104°03'58.4"	697	52	15° SO	2	15	1	3	1	0	22.8	1 331
P17	19°20'0.94"	104°04'08.8"	715	22	45° SO	2	5	1	3	10	3	23.3	1 465
P18	19°21'25.1"	104°05'46"	632	48	52° SE	2	10	1	3	4	2	23.5	1 291
P19	19°21'33.3"	104°03'48.9"	726	40	80° SE	2	7	4	4	0	0	23.5	1 478
P20	19°44'47.4"	104°31'25.9"	540	40	55° NO	2	7	4	4	0	18	24.8	1 544
P21	19°45'14.1"	104°31'14.3"	546	5	65° NE	1	40	1	4	0	2	24.7	1 503
P22	19°45'19.3"	104°31'13.6"	568	8	18° SE	1	15	1	4	0	11	24.7	1 503
P23	19°45'1.7"	104°31'4.9"	579	30	65 SE	4	10	1	4	0	2	24.7	1 503
P24	19°42'34.4"	104° 32'37"	429	16	60° SE	1	20	4	4	0	2	25.1	1 603

Par = parcela, Lat = latitud, Lon = longitud, Ele = elevación en m s.n.m., Pen = Pendiente (%), Exp = exposición, Ped = pedregosidad, Phs = profundidad del horizonte superficial (cm), Inc = incendios, Pas = pastoreo, Amu = árboles muertos, Toc = tocones, Tma = temperatura media anual (°C), Pan = precipitación anual (mm).

Par = plot, Lat = latitude, Lon = longitude, Ele = elevation in m.a.s.l., Pen = slope (%), Exp = exposition, Ped = stoniness, Phs = depth superficial horizon (cm), Inc = fires, Pas = livestock, Amu = dead trees, Toc = stumps, Tma = average annual temperature (°C), Pan = annual precipitation (mm).

realizando las sumas de los individuos registrados en las subparcelas de cada parcela. Se realizaron correlaciones entre los atributos estructurales de *A. purpurea* y variables ambientales en busca de asociación entre los parámetros. Para las variables cuantitativas se aplicó la correlación de Pearson, para las cualitativas (Ped, Pas e Inc) la de Spearman (Balzarini et al., 2008). Las variables ambientales incluidas fueron la elevación (Ele), registrada en el centro de cada parcela con un GPS Garmin Etrex, la pendiente (Pen), registrada con una pistola Haga, la exposición (Exp), tomada con una brújula Brunton, la pedregosidad (Ped), incidencia de incendios (Inc) y pastoreo (Pas), con base en los criterios establecidos en Olvera, Moreno y Figueroa (1996), la profundidad del horizonte superficial (Phs), registrada en cada subparcela de 5 m² y promediada para toda la parcela, se midió en cm con una regla graduada, tocones (Toc), se contabilizaron al interior de la parcela de 500 m², considerando únicamente aquellos ≥ 5 cm de diámetro a los 30 cm de altura, con señales claras de haber sido cortados por el hombre, árboles muertos (Amu), se contabilizaron al interior de la parcela, incluyendo aquellos en pie y caídos que no habían iniciado su descomposición y con un dap ≥ 10 cm. Los análisis de los datos se realizaron utilizando el software InfoStat (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Gonzalez, Tablada, & Robledo 2019), PC-ORD v7 (McCune & Mefford, 2011) y Primer v7 (Clarke & Gorley, 2015).

Especies asociadas con A. purpurea y estructura de la comunidad: Para el análisis de asociación de especies, y determinar con cuáles *A. purpurea* tiene sus mayores relaciones y con cuáles se agrupa, se utilizó la matriz de IVI, considerando sólo las especies que presentaron un índice ≥ 10 % en una o más parcelas. Las especies fueron estandarizadas dividiendo el valor de cada una de ellas por su total y multiplicándolo por 100, seguido por un cálculo de la semejanza Bray-Curtis entre pares de especies, lo que se conoce como índice de asociación de especies de Whittaker (Clarke, Gorley, Somerfield, & Warwick, 2014). Con la

matriz de semejanza de las especies se realizó un análisis de agrupamiento, con grupo promedio como método de unión de grupos, acompañado de una prueba de perfiles de semejanza (SIMPROF) tipo 2 y 3. La prueba tipo 2 trabaja con la hipótesis nula de la no existencia de asociaciones entre las especies y la tipo 3 con la no existencia de diferencias entre los grupos de especies, teniendo como prueba estadística a π (π), la cual es una prueba de permutaciones, para la cual se puede encontrar más información en Clarke et al. (2014). Los resultados se expresan a través de un dendrograma, en el cual los grupos estadísticamente disimiles se diferencian por una línea continua.

Se determinó la riqueza de especies, densidades, AB e IVI para las especies por parcela (Curtis & McIntosh, 1951; Vázquez-García & Givnish, 1998; Cuevas et al., 2008). Se integró una matriz de IVI con las 23 que contribuyeron con al menos el 10 % en una o más parcelas. La matriz de variables ambientales incluyó la Ele, Pen, Exp, Ped, Phs, Inc, Pas, Amu, Toc, Tma, Pan (Tabla 1). Las variables cualitativas como la Ped, Inc y Pas, fueron convertidas en variables auxiliares (Dummy) y se trataron como cuantitativas. La variable Exp fue transformada siguiendo el criterio de Beers, Dress y Wensel (1966). Quitando las variables con autocorrelaciones significativas (McCune & Mefford, 2011) e incluyendo las variables cualitativas transformadas a dummy, la matriz se integró por 11 variables ambientales. Utilizando las dos matrices se hizo un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) seleccionando las opciones: los resultados de los ejes centrados y estandarizados a una unidad de varianza, los ejes escalados para representar la optimización de las especies, los resultados finales de la ordenación en el gráfico representando combinaciones lineales de las variables ambientales, y la hipótesis nula de la no existencia de relación entre la matriz de las especies y la de variables ambientales, con 999 iteraciones (McCune & Mefford, 2011). La prueba estadística para aceptar o rechazar la hipótesis nula se realiza a través de una prueba de permutaciones (prueba de Monte Carlo),

la cual muestra como los valores propios observados (eigenvalores) y, las correlaciones entre las especies y el ambiente comparan con los de las corridas aleatorias y determinando un valor de “p” (McCune & Grace, 2002).

RESULTADOS

Estructura poblacional de *A. purpurea* y su relación con variables ambientales: Se registraron 402 individuos de *A. purpurea* con 1 108 tallos con un diámetro ≥ 2.5 cm en una superficie de 1.2 ha. La altura promedio de los individuos fue de 9.34 ± 3.64 m, registrándose

34 individuos con alturas entre 15-18 m. El 76 % de los individuos presentó entre uno y tres tallos y sólo el 24 % tuvo más de tres, encontrándose 24 individuos con 10-15 tallos. El diámetro promedio de los tallos fue de 9.11 ± 5.96 cm. La densidad de tallos de *A. purpurea* por parcela osciló entre 13-105 con una media de 46.17 ± 7.27 , mientras que el AB fue de $0.077-0.72$ m² con una media de 0.0093 ± 0.014 y los IVI estuvieron entre 15.67-83.43 % con una media de 48.31 ± 21.54 por parcela (Tabla 2). La densidad de *A. purpurea* representó el 49 % (1 108 tallos 1.2 ha⁻¹) y el AB el 38.31 % (10.30 m² 1.2 ha⁻¹) de la comunidad.

TABLA 2

Atributos estructurales de *A. purpurea* por unidad de muestreo y atributos estructurales de la comunidad

TABLE 2

Structural attributes of *A. purpurea* by sampling unit and structural attributes of the community

Par	Den AP	Tal AP	Aba AP	IVI AP	Reg AP	Fam	Gén	Spp	Aba Com	Tal Com
P01	16	18	0.1546	22.53	0	13	15	16	1.58	51
P02	16	16	0.0769	13.38	0	14	15	17	1.82	71
P03	22	27	0.2585	23.66	0	16	19	22	1.17	107
P04	40	105	0.7100	77.49	6	7	7	7	1.08	118
P05	14	50	0.1771	52.05	1	6	6	6	0.80	61
P06	8	39	0.3883	50.2	1	10	13	13	0.63	101
P07	15	77	0.5595	63.24	1	12	14	15	0.80	136
P08	16	53	0.4020	55.87	0	7	7	7	0.76	90
P09	20	47	0.6924	56.31	1	12	16	17	0.99	110
P10	10	28	0.3817	43.01	2	4	5	5	1.23	51
P11	8	27	0.4220	65.7	1	6	7	7	0.60	44
P12	11	37	0.6032	39.3	5	11	14	15	3.19	62
P13	11	24	0.3250	29.31	1	15	22	24	0.97	95
P14	3	13	0.2903	26.09	3	14	19	21	0.77	89
P15	15	66	0.7179	72.56	2	7	8	8	1.05	86
P16	14	42	0.1108	24.48	0	10	12	17	0.57	142
P17	11	80	0.3460	33.78	0	16	20	23	1.97	160
P18	9	33	0.3108	22.74	0	22	23	26	1.31	151
P19	13	38	0.7084	56.85	3	10	12	12	0.97	93
P20	53	79	0.3764	61.82	2	8	10	11	0.77	106
P21	8	18	0.3504	52.45	0	6	7	8	0.86	28
P22	24	103	0.7411	92.16	0	5	5	6	0.77	117
P23	37	68	0.4720	38.89	0	10	14	15	1.27	168
P24	8	20	0.7294	85.67	0	2	2	2	0.96	21

Par = parcela, Den AP = densidad de individuos de *A. purpurea*, Tal AP = densidad de tallos de *A. purpurea*, Aba AP = área basal de *A. purpurea* (m²), IVI AP = índice de valor de importancia de *A. purpurea* (%), Reg AP = regeneración de *A. purpurea*, Fam = familias, Gén = géneros, Spp = especies, Aba Com = área basal de la comunidad (m²), Tal Com = densidad de tallos en la comunidad.

Par = plot, Den AP = density of *A. purpurea* individuals, Tal AP = stem density of *A. purpurea*, Aba AP = basal area of *A. purpurea* (m²), IVI AP = importance value index of *A. purpurea* (%), Reg AP = regeneration of *A. purpurea*, Fam = families, Gen = genera, Spp = species, Aba Com = basal area of the community (m²), Tal Com = stem density in the community.

La estructura diamétrica de *A. purpurea* presentó una forma de “J” invertida, con una mayor concentración de tallos en las categorías diamétricas inferiores y una disminución hacia las superiores, con el 85 % de los tallos en las tres primeras categorías (Fig. 1). La densidad de tallos mostró una correlación positiva y significativa con la presencia de Toc ($r = 0.53$, $P = 0.01$), el AB y el IVI con la incidencia de Inc ($r = 0.55$ y $r = 0.50$, $P = 0.005$ y $P = 0.01$, respectivamente) y el IVI con la Tma ($r = 0.5$ y $P = 0.01$) y negativa con la Ped ($r = -0.48$, $P = 0.029$). La regeneración fue escasa, en 11 parcelas no se registraron individuos y solo en una se encontraron seis. Una correlación positiva y significativa se obtuvo entre la incidencia de Inc y la regeneración ($r = 0.70$, $P = 0.001$).

Estructura de la comunidad y hábitat de *A. purpurea*: Se registraron 47 familias, 87 géneros y 109 especies de plantas leñosas con un $dap \geq 2.5$ cm en 1.2 ha. La riqueza de familias osciló de 2-22 por parcela, la de géneros de 2-23, la de especies de 2-26 (Tabla 2). Las familias con mayor riqueza de especies fueron: Fabaceae (17), Euphorbiaceae (8) y Moraceae, Rubiaceae y Salicaceae (6 cada una). Los géneros con más especies fueron *Ficus* (4), *Casearia*, *Randia* y *Vachellia* (3 cada uno). El AB por parcela osciló de 0.57-3.19 m² y la densidad de 21-168 tallos (Tabla 2). Los mayores IVI promedio los tuvieron *A. purpurea* (48.31 %), *Tabebuia rosea* (3.96 %), *Quercus magnoliifolia* (3.79 %), *Enterolobium cyclocarpum* (3.42 %), *Lonchocarpus salvadorensis* (2.97 %),

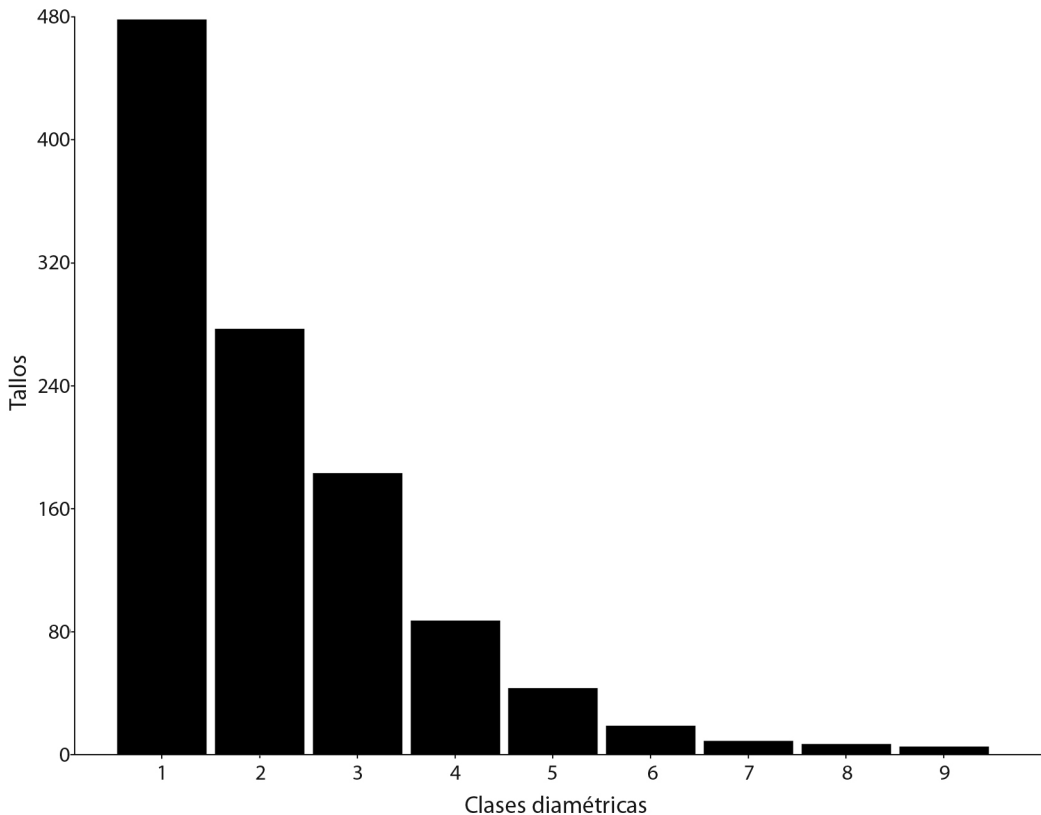


Fig. 1. Estructura diamétrica de *A. purpurea*. La clase 1 = 2.50-6.52, 2 = 6.52-10.54, 3 = 10.54-14.57, 4 = 14.57-18.59, 5 = 18.59-22.61, 6 = 22.61-26.63, 7 = 26.63-30.66, 8 = 30.66-34.68, 9 = 34.68-38.70.

Fig. 1. Diametric structure of *A. purpurea*. Class 1 = 2.50-6.52, 2 = 6.52-10.54, 3 = 10.54-14.57, 4 = 14.57-18.59, 5 = 18.59-22.61, 6 = 22.61-26.63, 7 = 26.63-30.66, 8 = 30.66-34.68, 9 = 34.68-38.70.

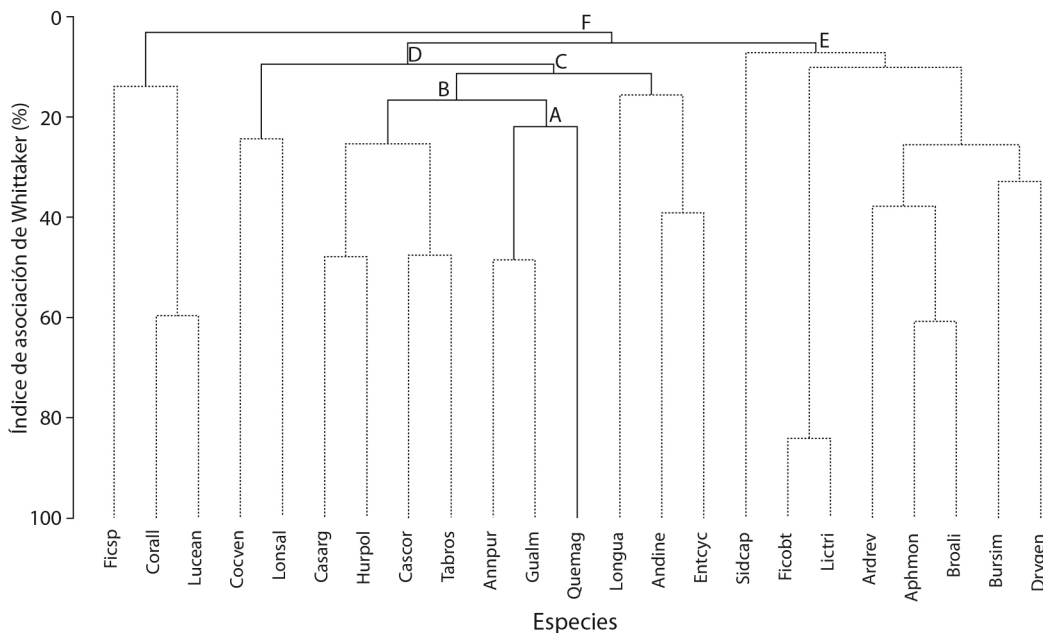


Fig. 2. Dendrograma de las 21 especies más importantes por su IVI. Ficsp = *Ficus* sp., Corall = *Cordia alliodora*, Luecan = *Luehea candida*, Cocven = *Coccoloba venosa*, Lonsal = *Lonchocarpus salvadorensis*, Casarg = *Casearia arguta*, Hurpol = *Hura polyandra*, Cascor = *Casearia corymbosa*, Tabros = *Tabebuia rosea*, Annpur = *Annona purpurea*, Guaulm = *Guazuma ulmifolia*, Quemag = *Quercus magnoliifolia*, Longua = *Lonchocarpus guatemalensis*, Andine = *Andira inermis*, Entcyc = *Enterolobium cyclocarpum*, Sidcap = *Sideroxylon capiri*, Ficobt = *Ficus obtusifolia*, Lictri = *Licaria triandra*, Ardev = *Ardisia revoluta*, Aphmon = *Aphananthe monoica*, Broali = *Brosimum alicastrum*, Bursim = *Bursera simaruba*, Drygen = *Drypetes genryi*. Líneas continuas indican grupos de especies estadísticamente diferentes. Las letras indican las diferencias estadísticas entre los grupos: A $\pi = 7.37$ $p = 0.02$, B $\pi = 5.36$ $p = 0.002$, C $\pi = 4.24$ $p = 0.001$, D $\pi = 3.27$ $p = 0.006$, E $\pi = 2.38$ $p = 0.003$, F $\pi = 2.2$ $p = 0.003$.

Fig. 2. Dendrogram of the 21 most important species for their IVI. Ficsp = *Ficus* sp., Corall = *Cordia alliodora*, Luecan = *Luehea candida*, Cocven = *Coccoloba venosa*, Lonsal = *Lonchocarpus salvadorensis*, Casarg = *Casearia arguta*, Hurpol = *Hura polyandra*, Cascor = *Casearia corymbosa*, Tabros = *Tabebuia rosea*, Annpur = *Annona purpurea*, Guaulm = *Guazuma ulmifolia*, Quemag = *Quercus magnoliifolia*, Longua = *Lonchocarpus guatemalensis*, Andine = *Andira inermis*, Entcyc = *Enterolobium cyclocarpum*, Sidcap = *Sideroxylon capiri*, Ficobt = *Ficus obtusifolia*, Lictri = *Licaria triandra*, Ardev = *Ardisia revoluta*, Aphmon = *Aphananthe monoica*, Broali = *Brosimum alicastrum*, Bursim = *Bursera simaruba*, Drygen = *Drypetes genryi*. Solid lines indicate statistically different groups of species. Letters indicate statistical differences between groups: A $\pi = 7.37$ $p = 0.02$, B $\pi = 5.36$ $p = 0.002$, C $\pi = 4.24$ $p = 0.001$, D $\pi = 3.27$ $p = 0.006$, E $\pi = 2.38$ $p = 0.003$, F $\pi = 2.2$ $p = 0.003$.

Casearia arguta (2.72 %) y *Guazuma ulmifolia* (2.67 %). La prueba SIMPROF, mostró seis grupos de especies estadísticamente diferentes (Fig. 2). *Annona purpurea* tuvo sus mayores índices de asociación con *G. ulmifolia* (48.58 %), *T. rosea* (34.63 %), *C. arguta* (34.41 %), *E. cyclocarpum* (29.17 %) y *Q. magnoliifolia* (29.13 %), formando con *G. ulmifolia* un grupo estadísticamente diferente a los demás (Fig. 2). Ambas especies compartieron el 58 % de las unidades de muestreo con IVI altos.

El ACC obtuvo una inercia total de 7.57, con una varianza extraída en los tres primeros ejes de 28.1 %. El eje 1 extrajo el 10.7 %, el 2 el 9.4 % y 3 el 8.1 %. Los coeficientes canónicos estandarizados con mayor contribución al eje 1 fueron los Inc_1 e Inc_4 y el Pas_3; para el eje 2 la Ele, Inc_4 y la Ped_2 y para el 3, Ped_2, Ped_4 y el Pas_4 (Tabla 3). La prueba de Monte Carlo para los valores propios de los ejes obtuvo una $p = 0.002$ y para la correlación entre la matriz de las especies

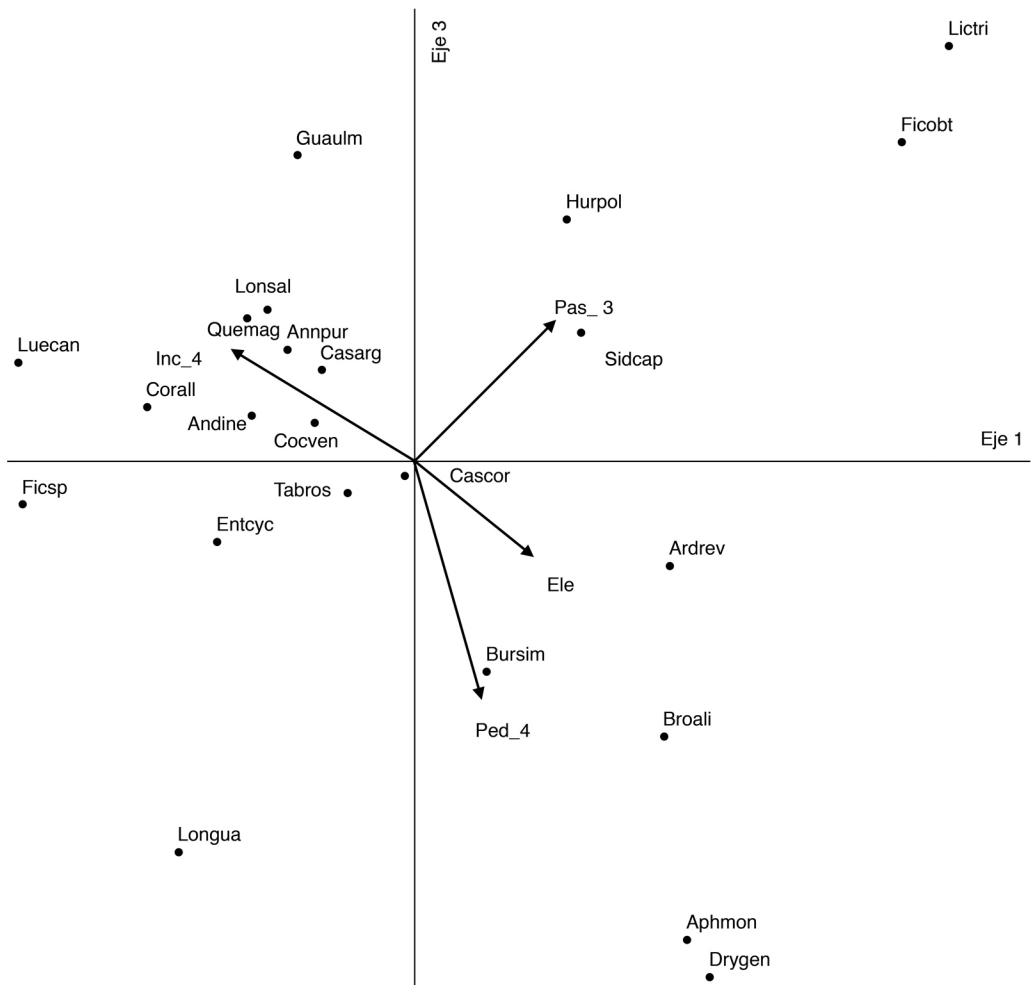


Fig. 3. Gráfico de CCA para los ejes 1 y 3. Los puntos indican las especies, para sus nombres ver pie de la Fig. 2. Los vectores representan variables ambientales, Inc_4 = incendios severos, Pas_3 = pastoreo fuerte, Ele = elevación, Ped_4 = parcelas con el 60-80 % de su superficie cubierta por piedras.

Fig. 3. CCA graph for axes 1 and 3. The dots indicate the species, for their names see figure 2. Vectors represent environmental variables, Inc_4 = severe fires, Pas_3 = strong grazing, Ele = elevation, Ped_4 = plots with 60-80 % of their area covered by stones.

y de las variables ambientales una $p = 0.005$. De acuerdo con el diagrama de ordenación, *A. purpurea* y las especies con las que tiene mayor relación, presentaron sus mayores IVI en los sitios con incendios severos (Inc_4), más precipitación anual (Pan), menor elevación y con menos pedregosidad (Fig. 3). En general fueron también estas variables las que presentaron sus mayores correlaciones con los ejes (en el sentido de ter Braak, 1986) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Estructura poblacional de *A. purpurea* y su relación con variables ambientales: La altura promedio de *A. purpurea* en el occidente de México, se encuentra dentro de las registradas para la especie; pero aquellas hasta de 18 m, son superiores a las que se mencionan en las descripciones de la especie (Standley, 1920; Standley & Steyermark, 1946; Schatz, 2009).

TABLA 3

Coefficientes canónicos obtenidos a través de la regresión múltiple con CCA, correlaciones de las variables ambientales con los ejes y correlaciones de *A. purpurea* y otras especies con los ejes

TABLE 3

Canonical coefficients getted through multiple regression with CCA, correlations of the environmental variables with the axes and correlations of *A. purpurea* and other species with the axes

Variable	Coeficientes estandarizados			Correlaciones con los ejes		
	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Elevación	0.332	1.145	0.029	0.419	0.763	-0.311
Profundidad de horizonte superficial	-0.188	-0.016	-0.241	0.537	-0.164	0.119
Tocones	0.048	0.080	0.017	0.113	0.043	-0.085
Precipitación anual	0.178	0.321	0.382	-0.414	0.543	0.056
Pedregosidad (Ped_2).	-0.307	-0.595	-0.738	-0.278	0.288	0.173
Pedregosidad (Ped_3).	-0.115	0.061	-0.110	-0.073	0.136	0.083
Pedregosidad (Ped_4).	-0.130	-0.281	-0.704	0.241	-0.038	-0.773
Pastoreo fuerte (Pas_3).	0.427	-0.228	0.250	0.493	-0.063	0.461
Pastoreo severo (Pas_4).	-0.137	-0.257	-0.627	-0.424	-0.040	-0.520
Incendios ligeros (Inc_1).	-0.948	0.211	-0.368	-0.098	0.242	-0.163
Incendios severos (Inc_4).	-0.928	0.638	0.300	-0.653	0.035	0.366
<i>Annona purpurea</i>				-0.451	0.449	0.363
<i>Casearia arguta</i>				-0.330	-0.274	0.298
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>				-0.703	0.676	-0.262
<i>Guazuma ulmifolia</i>				-0.418	0.444	1.00
<i>Quercus magnoliifolia</i>				-0.596	0.637	0.470
<i>Tabebuia rosea</i>				-0.239	0.233	-0.104

Ped_2 = 20-40 % superficie de la parcela cubierta de piedras, Ped_3 = 40-60 % superficie con piedras, Ped_4 = 60-80 % superficie con piedras.

Ped_2 = 20-40 % area of the plot covered with stones, Ped_3 = 40-60 % area with stones, Ped_4 = 60-80 % area with stones.

Esto podría interpretarse de que en la región de estudio, existen condiciones ambientales que permiten un mejor desarrollo en la altura de la especie o bien que en otras localidades no se han hecho mediciones más precisas de su altura y se han empleado las que se registran en la literatura. No se encontró información para comparar la ramificación de la especie por debajo de 1.30 m de altura. El que se registren individuos con más de 10 tallos, pudiera atribuirse a la capacidad de generar brotes que tiene la especie, lo cual ya ha sido registrado en otras investigaciones (Griscom, Griscom, & Ashton, 2009). Los porcentajes altos de densidad de tallos, AB e IVI de *A. purpurea*, es coincidente con lo registrado en otros estudios cercanos al área de estudio (Cuevas, 2002).

La estructura diamétrica de la población en forma de “J” invertida, indica una buena reincorporación de individuos (Bongers, Pompa, Meave del Castillo, & Carabias, 1988), aunque ha sido registrado más para especies umbrófilas (Cuevas, López-Mata, & García-Moya, 2002). Es de considerar que los histogramas pueden diferir en función del criterio que se siga para generar el número y la amplitud de clases diamétricas en la población, (Fox, 2016). Si aplicáramos el criterio de Hubbell y Foster (1987), clases de tamaño que consecuentemente duplican a la que le precede, la población de *A. purpurea* (gráfico no presentado), se ajusta más a las especies heliófilas o pioneras consignadas en ese trabajo (Hubbell & Foster, 1987). Las densidades grandes de tallos en las primeras

categorías diamétricas, se atribuye a la capacidad que tiene la especie para regenerar en claros grandes, los cuales son comunes y continuos en la región de estudio, lo que podría promover que la especie colonice y se establezca en forma continua en áreas abiertas (obs. de los autores en campo), a pesar de su escasa o nula regeneración bajo su propio dosel. La relación positiva de la regeneración con la incidencia de Inc, es un elemento más de apoyo de que la especie requiere de espacios abiertos para su establecimiento, donde la semilla pueda llegar por dispersores, principalmente mamíferos medianos, entre los que se han observado en campo al mapache, zorra, coyote, tejón y jabalí, algunos de los cuales ya han sido registrados como dispersores de semillas de *Annona* (Natural Heritage Trust, 2003; Medrano-Nájera, Ramírez-Pinero, Guevara-Sada, 2014). Otros elementos que dan soporte para considerar a *A. purpurea* como una especie con preferencia por áreas abiertas, en bosque tropical subcaducifolio, son caracteres que tiene la especie y que han sido considerados de taxones pioneros (Swaine & Whitmore, 1988). Como ejemplo, el tener hojas caducifolias, membranáceas y grandes (Standley, 1920; Standley & Steyermark, 1946; Schatz, 2009; Topete-Corona, 2018), multiplicación de tallos por brotes, escasa repoblación de plántulas y juveniles bajo su dosel (en este trabajo).

Las correlaciones positivas del IVI con la Tma y el AB e IVI con la incidencia de incendios, son elementos que apoyan de que *A. purpurea* es una especie de zonas tropicales cálidas, donde hay perturbaciones continuas que generan claros grandes (Denslow, 1980; Hubbell et al., 1999). Esto último también soportado por el que la mayor densidad de tallos se encuentra en donde hay más tocones y por consiguiente mayor apertura del dosel. Las aseveraciones de que, en algunas regiones de México, las poblaciones de *A. purpurea* están disminuyendo debido principalmente a la alteración de su hábitat (Vidal-Lezama et al., 2019), parecen no aplicar para el occidente de México, donde actividades como la apertura

de áreas para la ganadería y la incidencia de incendios favorecen a la especie.

Estructura de la comunidad y hábitat de *A. purpurea*: La riqueza de familias, géneros y especies registradas en 1.2 ha, está por debajo de lo encontrado en superficies iguales en bosques tropicales subcaducifolios cercanos (Vázquez-Magaña & Mendoza-Cortes, 2006), diferencias que podrían atribuirse a que son áreas con diferentes grados de conservación. La riqueza de taxones es superior a los registrado en áreas de la costa del estado de Jalisco (González-Cueva, Aguirre-Calderón, Alanís-Rodríguez, & Corral-Rivas, 2018), diferencias que podrían atribuirse al límite inferior de los diámetros de los tallos que fueron considerados en las investigaciones, $dap \geq 2.5$ cm en el primero y $dap > 7.5$ cm en el segundo. Las familias y géneros registrados con mayor riqueza específica, también coinciden con lo encontrado por Cuevas (2002), en lo que llamó bosque tropical subcaducifolio de partes bajas. Aunque puede haber coincidencia, con otras investigaciones, con algunas de las familias con mayor riqueza en este tipo de vegetación, no ocurre lo mismo con los géneros y las especies con las mayores abundancias, AB e IVI, lo cual se atribuye a que cuando se cambia de una localidad a otra, sobre todo cuando las distancias entre los sitios que se comparan se incrementan, las condiciones ambientales varían y los estados de conservación o sucesión son diferentes (Gutiérrez-Báez, Zamora-Crescencio, & Hernández-Mundo, 2012; Dzib-Castillo, Chanatásig-Vaca, & González-Valdivia, 2014; González-Cuevas et al., 2018).

Las especies con las que *A. purpurea* comparte los mayores índices de asociación como *G. ulmifolia*, *T. rosea*, *C. arguta*, *E. cyclocarpum*, han sido registradas como sus compañeras en la región (Cuevas, 2002; Vázquez-Magaña & Mendoza-Cortés, 2006), pero también en Centro y Sudamérica (Oviedo-Pérez, 2015; Cabrera-Amaya & Rivera-Díaz, 2016), sobre todo la asociación de *A. purpurea* y *G. ulmifolia*, grupo que fue estadísticamente diferente a los restantes (Fig. 2). Esta asociación podría

atribuirse a que las dos especies tienen requerimientos ambientales similares, sobre todo el hecho que se ven favorecidas en áreas de vegetación secundaria derivada de bosques tropicales húmedos, y tienen en común una fuerte capacidad de multiplicación por rebrote (Griscom et al., 2009).

Las variables ambientales recuperadas por el CCA como de más influencia sobre la distribución y abundancia de *A. purpurea* y de las especies con las que presenta mayores asociaciones (*G. ulmifolia*, *Q. magnoliifolia*, *E. cyclocarpum*), son la Pan, los incendios severos (Inc_4), menor Ele y menos Ped (Fig. 3, Tabla 3). La influencia de la Pan en este grupo de especies, podría ser interpretada como la preferencia de ellas por los lugares más húmedos. *Annona purpurea* tiene algunas características morfológicas y fisiológicas que parecen responder a esta variable, como el poseer hojas membranáceas y grandes, las cuales generan periodos de crecimiento estacional, aprovechando la humedad durante el periodo corto de lluvias, con abscisión del follaje en la estación seca y más larga del año (Reicht, 2014). Lo anterior permitiría explicar porque los mayores atributos estructurales de *A. purpurea* se registran en los bosques más húmedos (bosque tropical subcaducifolio), aunque algunas veces se pueden registrar individuos en el bosque tropical caducifolio o en la transición con el bosque de encino. La influencia de la precipitación sobre *A. purpurea* ya ha sido registrada y se ha encontrado un acoplamiento de la producción de hojas y flores con el inicio de las lluvias y la maduración de los frutos con el final de la temporada (González-Esquinca, De la Cruz, Castro-Moreno, Riley-Saldaña, 2016). El grupo de especies mencionado también presenta una relación positiva y estrecha con Inc_4, lo que podría atribuirse a que se trata de especies que requieren apertura de claros grandes para su establecimiento y que se ven favorecidas en lugares con perturbaciones, incluyendo el fuego (López-Moctezuma, Rodríguez-Trejo, Santiago-Cortes, & Granado-Sánchez 2015; Oviedo-Pérez, 2015; CONABIO, 2020; IFO-CATIE, 2020). Otra variable importante fue

la Ele, registrando *A. purpurea* sus mayores valores estructurales en los sitios con menor elevación, si consideramos que esta variable estuvo correlacionada en forma negativa con la Tma, entonces existe una preferencia de la especie por los lugares más cálidos, lo cual coincide con lo registrado por Cuevas (2002) y Vázquez-Magaña y Mendoza-Cortés (2006) (Fig. 3, Tabla 3).

Concluimos que *A. purpurea* presenta una estructura poblacional con buena reincorporación de individuos y que su distribución y abundancia parecen responder principalmente a factores ambientales como precipitación anual, temperatura media anual, pedregosidad y a perturbaciones causadas por incendios y ganadería.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor recibió una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para cursar una Maestría en Ciencias en la Universidad de Guadalajara. El trabajo de campo fue financiado por la Universidad de Guadalajara y la Secretaría de Educación Pública. Personal del Herbario ZEA apoyo en el trabajo de campo y en la identificación de material botánico. Enrique Jardel proporcionó información climática sobre los sitios de muestreo.

RESUMEN

Introducción: *Annona purpurea* es un árbol Mesoamericano, distribuido por la vertiente pacífica y atlántica de México hasta Sudamérica. Diferentes partes de la planta son de utilidad y los frutos son comestibles.

Objetivo: Describir la estructura poblacional, el hábitat y los factores ambientales que influyen en la distribución y abundancia de *A. purpurea* en el occidente de México. **Métodos:** De abril a noviembre 2015, se establecieron 24 unidades de muestreo de 500 m² cada una, con presencia de *A. purpurea*. En cada sitio se midieron e identificaron todas las especies leñosas con diámetro a la altura de pecho (dap) ≥ 2.5 cm y se registró información ambiental, geográfica y climática. Se obtuvo información sobre la repoblación de la especie. Se estimó la estructura de *A. purpurea* y se examinaron sus relaciones con las variables ambientales. El índice de asociación de Whittaker se determinó utilizando la matriz de índice de valor de importancia (IVI). Con la matriz de variables ambientales y la de IVI, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica para determinar la influencia de las variables ambientales sobre la especie y visualizar la distribución de las especies en el espacio multidimensional. **Resultados:** *A. purpurea* presentó 1 108 tallos en 1.2 ha, con el 85 % de ellos concentrados en las tres primeras categorías diamétricas. Su densidad presentó una relación positiva con la presencia de tocones, mientras que el área basal y el IVI se relacionaron de manera similar con la incidencia de incendios. Hubo poca o nula regeneración de *A. purpurea* debajo de su dosel. Los mayores IVI en la comunidad se registraron para *A. purpurea*, *Tabebuia rosea*, *Quercus magnoliifolia* y *Enterolobium cyclocarpum* y la prueba de perfiles de semejanza separó a *A. purpurea* y *Guazuma ulmifolia* como un grupo diferente. Las variables ambientales con mayor influencia en la distribución y abundancia de *A. purpurea* fueron la precipitación anual, incidencia de incendios, elevación, temperatura media anual, pedregosidad y pastoreo. **Conclusión:** *A. purpurea* presenta los mayores atributos estructurales en la comunidad, sus poblaciones se ven favorecidas en sitios con mayor precipitación y temperatura, con poca pedregosidad, donde hay incidencia de perturbaciones por fuego y ganado que generan claros grandes y su mayor asociación la presenta con *G. ulmifolia*.

Palabras claves: bosque tropical subcaducifolio; cabeza de negro; fuego; ganadería; vegetación secundaria.

REFERENCIAS

Andres-Agustín, J. (2015). Situación actual de las investigaciones de las anonáceas en México. Recursos fitogenéticos de las anonáceas en el estado de Veracruz. En E. Vidal-Lezama, N.A. Vidal-Martínez, & L. Vidal-Hernández (Eds.), *Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes* (Parte 2, pp. 27-39). Chapingo, Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.

Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., & Robledo, C.W. (2008). *InfoStat Manual del Usuario*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.

Beers, T.W., Dress, P.E., & Wensel, L.C. (1966). Aspect transformation in site productivity research. *Journal of Forestry*, 64, 691-692.

Bongers, F., Pompa, J., Meave del Castillo, J., & Carabias, J. (1988). Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetatio*, 74, 55-80. DOI: 10.1007/bf00045614

Cabrera-Amaya, D.M., & Rivera-Díaz, O. (2016). Composición florística y estructura de los bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto, Casanare, Colombia. *Caldasia*, 38(1), 53-85. DOI: 10.15446/caldasia.v38n1.57829

Clarke, K.R., Gorley, R.N., Somerfield, P.J., & Warwick, R.M. (2014). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* (3^{ra} edición). Albany, New Zealand: PRIMER-E Ltd.

Clarke, K.R., & Gorley, R.N. (2015). *PRIMER v7: User Manual/Tutorial*. Plymouth, England: PRIMER-E.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/indice_especies.html

Cuevas, G.R. (2002). *Análisis de gradientes de la vegetación de la cañada El Tecolote, en la sierra de Manantlán, Jalisco, México* (Tesis doctoral). Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, México.

Cuevas, G.R., López-Mata, L., & García-Moya, E. (2002). Primer registro de *Desmopsis trunciflora* (Schlecht. & Cham) G.E. Schatz (Annonaceae) para el occidente de México y análisis de su población en la sierra de Manantlán, Jalisco. *Acta Botanica Mexicana*, 58, 7-18. DOI: 10.21829/abm58.2002.887

Cuevas, G.R., García-Moya, E., Vázquez-García, J.A., & Núñez-López, N.M. (2008). Estructura poblacional y relaciones ambientales del árbol tropical *Nectandra rudis* (Lauraceae), una especie rara en el occidente de México. *Revista de Biología Tropical*, 56, 247-256. DOI: 10.15517/rbt.v56i1.5521

Curtis, J.T., & McIntosh, R.P. (1951). An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32, 476-496. DOI: 10.2307/1931725

De la Cruz, I., Castro-Montero, M., & González-Esquinca, A.R. (2016). La familia Annonaceae Juss., en México. *Lacandonia*, 10(2), 71-82.

Denslow, J.S. (1980). Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica*, 12(2), 47-55. DOI: 10.2307/2388156

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. (2019). *InfoStat, versión 2019*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Dzib-Castillo, B., Chanatásig-Vaca, C., & González-Valdivia, N.A. (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: 10.7550/rmb.38706
- Fernández, E.A., Zavala, H.J., & Romero, C.R. (2010). *Digital Climatic Atlas of México*. 3rd International Conference on Cartography and GIS. June, 2010, Nessebar, Bulgaria. Recuperado de http://www.cartography-gis.com/pdf/44_Fernandez_Eguiarte_Mexico_paper.pdf
- Fox, J. (2016). *Applied regression analysis and generalized linear models* (3^{era} edición). Los Ángeles, California, EEUU: Publicaciones SAGE, Inc.
- González-Cueva, G.A., Aguirre-Calderón, O.A., Alanís-Rodríguez, E., & Corral-Rivas, J.J. (2018). Estructura y composición florística de un bosque tropical subcaducifolio en Jalisco, México. *e-CUCBA*, 9, 9-16.
- González-Esquinca, A.R., De la Cruz, I., Castro-Moreno, M., & Riley-Saldaña, C.N. (2016). Phenological strategies of *Annona* species from the tropical deciduous forest of Chiapas, Mexico. *Botanical Sciences*, 94(3), 531-541. DOI: 10.17129/botsoci.645
- Griscom, H.P., Griscom, B.W., & Ashton, M.S. (2009). Forest regeneration from pasture in the dry tropics of Panama: effects of cattle, exotic grass, and forested riparia. *Restoration Ecology*, 17(1), 117-126. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2007.00342.x
- Gutiérrez-Báez, C., Zamora-Crescencio, P., & Hernández-Mundo, S.C. (2012). Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Mucuychacán, Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 14(1), 9-16.
- Hubbell, S.P., & Foster, R.B. (1987). La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. En D.A. Clark, R. Dirzo, & N. Fetcher (Eds.), *Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos*. *Revista de Biología Tropical*(Supl. 1), 7-22.
- Hubbell, S.P., Foster, R.B., O'Brien, S.T., Harms, K.E., Condit, B., Wechsler, B., ... Lao de Lao, S. (1999). Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science*, 283, 554-557. DOI: 10.1126/science.283.5401.554
- Instituto Forestal de Oxford y Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (IFO-CATIE). (2020). *Guazuma ulmifolia*. Recuperado de www.arbolesdecentroamerica.info
- Jiménez-Ramírez, J., & Soto-Núñez, J.C. (2015). *Annona contrerasii* (Annonaceae), especie nueva del estado de Guerrero, México. *Acta Botanica Mexicana*, 112, 37-43. DOI: 10.21829/abm112.2015.1087
- López-Moctezuma, M.A., Rodríguez-Trejo, D.A., Santiago-Cortes, F., & Granado-Sánchez, D. (2015). Tolerancia al fuego en *Quercus magnoliifolia*. *Arvore, Viçosa-MG*, 39(3), 523-533. DOI: 10.1590/0100-67622015000300013
- Luna-Cázares, L.M., & González-Esquinca, A.R. (2008). Actividad antibacteriana de extractos de *Annona diversifolia* Safford y *Annona purpurea* Mociño & Sessé ex Dunal. *Polibotánica*, 25, 121-125.
- Luna-Cázares, L.M., & González-Esquinca, A.R. (2015). La chinguya (*Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal): una planta Mesoamericana. Recursos fitogenéticos de las anonáceas en el estado de Veracruz. En E. Vidal-Lezama, N.A. Vidal-Martínez, & L. Vidal-Hernández (Eds.), *Anonáceas. Plantas antiguas. Estudios recientes* (Parte 2, pp. 229-245). Chapingo, Texcoco, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Mass, P.J.M., Westra, L.Y.T., Chatrou, L.W., Verspagen, N., Rainer, H., Zamora, N.A., & Erkens, R.H.J. (2019). Twelve new and exciting Annonaceae from the Neotropics. *PhytoKeys*, 126, 25-69. DOI: 10.3897/phytokeys.126.33913
- McCune, B., & Grace, J.B. (2002). *Analysis of ecological communities*. Oregon, EEUU: MjM Software Design.
- McCune, B., & Mefford, M.J. (2011). *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 6.0*. Oregon, EEUU: MjM Software Design.
- Medrano-Nájera, R., Ramírez-Pinero, M., & Guevara-Sada, S. (2014). Una mirada a la dispersión de semillas en las excretas de mamíferos. *Cuadernos de Biodiversidad*, 46, 19-28.
- Natural Heritage Trust. (2003). *Pond apple (Annona glabra)*. Australia: *Weed Management Guide*.
- Olvera, V.M., Moreno, G.S., & Figueroa, R.B.L. (1996). *Sitios permanentes para la investigación silvícola*. Guadalajara, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Oviedo-Pérez, P.E. (2015). Composición y estructura forestal de la Reserva Absoluta de Cabo Blanco y remanentes de bosque del sector de Cabuya, Puntarenas, Costa Rica. *Repertorio Científico*, 18(2), 95-102.
- Reich, P.B. (2014). The world-wide 'fast-slow' plant economics spectrum: a traits manifesto. *Journal of Ecology*, 102, 275-301. DOI: 10.1111/1365-2745.12211
- Rzedowski, J., & McVaugh, R. (1966). La vegetación de Nueva Galicia. *Contributions from the University of Michigan Herbarium*, 9(1), 1-123.
- Schatz, G.E. (2009). Annonaceae. *Flora de Nicaragua*. Recuperado de legacy.tropicos.org/name/01600805?projectid=7

- Standley, P.C. (1920). *Trees and shrubs of Mexico*. Contributions from the United States National Herbarium (Vol. 23). USA: United States National Museum. DOI: 10.5962/bhl.title.15726
- Standley, P.C., & Steyermark, J.A. (1946). Annonaceae. Flora de Guatemala. *Fieldiana: Botany*, 24(4), 270-294.
- Swaine, M.D., & Whitmore, T.C. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical forest. *Vegetatio*, 75, 81-86. DOI: 10.1007/bf00044629
- ter Braak, C.J.F. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.
- Topete-Corona, C. (2018). *Ecología de Annona purpurea (Annonaceae) y su importancia económica en el occidente de México* (Tesis de Maestría). Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México. Recuperado de <https://riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/80303>
- Vázquez-García, J.A., & Givnish, T. (1998). Altitudinal gradient in a tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan. *Journal of Ecology*, 86, 999-1020. DOI: 10.1046/j.1365-2745.1998.00325.x
- Vázquez-Magaña, M.Y., & Mendoza-Cortés, J.L. (2006). *Estructura, composición florística y diversidad del bosque tropical subcaducifolio en tres localidades de la costa sur de Jalisco* (Tesis). Universidad de Guadalajara, Autlán de Navarro, Jalisco, México. <https://riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/73422>
- Vidal-Lezama, E., Villegas-Monter, A., Vaquera-Huerta, H., Robledo-Paz, A., & Martínez-Palacios, A. (2019). *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal native species of México, underutilized. *Agroproductividad*, 12(3), 9-15. DOI: 10.32854/agrop.v0i0.1326